

Die Gesetze und die Kräfte der relativen Bewegung in der Ebene.

Vorgetragen am ausserordentlichen Maschinenbaucurs an der k. k. Montan-Lehranstalt in Pöbram 1859/60,

von *Gustav Schmidt*,
k. k. Kunstmeister und Dozent *).

Die wichtige Rolle, welche die Turbinen und Ventilatoren in der practischen Mechanik spielen, rechtfertigt die vielen theoretischen Untersuchungen, welche über diese Maschinen schon gemacht wurden und noch gemacht werden. Kleidet man die Hauptfrage, welche sich in der Theorie dieser Maschinen darbietet, in die zur analytischen Behandlung geeignete Form, so stellt sie sich folgender Maassen dar:

Es ist ein ebenes System von krummen Linien (die Flügel eines Centrifugal-Ventilators, oder die Schaufeln einer Fourneyron-Turbine) gegeben, welches ohne seine relative Stellung zu ändern um einen Punkt der Ebene rotirt. Ausserdem ist ein System von beweglichen materiellen Punkten oder Atomen (der Luft-, respective Wassertheilchen) vorhanden, welche bei ihrer Bewegung gezwungen sind, die durch die rotirenden Linien vorgezeichneten Bahnen einzuhalten. Jedes einzelne Atom steht während seiner Bewegung unter der Einwirkung seiner Nachbartheilchen, und erleidet gleichzeitig von der rotirenden Curve, an die es gebunden ist, einen seine Bewegung beschleunigenden (Ventilator) oder verzögernden (Turbine) Druck; es handelt sich um das Gesetz seiner relativen Bewegung längs der gezwungenen rotirenden Bahn.

Nach den bisherigen Theorien der Turbinen und Ventilatoren gelangt man auf zweierlei Weise zu dem gesuchten Gesetz der relativen Bewegung, welches den eigentlichen Kern der ganzen Theorie bildet; entweder nach Redtenbacher's „Theorie und Bau der Turbinen“ durch das analytische Kunststück der Einführung eines rotirenden Koordinatensystems, oder aber weit einfacher, jedoch weniger klar, durch Einführung einer idealen, radial auswärts wirkend gedachten Fliehkraft, das ist eben eine jener idealen Kräfte, welche man „Kräfte der relativen Bewegung“ nennt, und mit so grossem Vortheil in die Rechnung einführen kann, sobald man ihren Sinn vollkommen erfasst hat.

Ueber beide Methoden kann man sich ausführlich aus Rittinger's „Ventilatoren“, Seite 113—128, unterrichten. Wir stellen uns nun hier die Aufgabe, nicht nur für das Turbinenproblem, sondern für alle ebenen Probleme die Gesetze der relativen Bewegung auf dem natürlichen, nächst liegenden, jedoch unseres Wissens dennoch bisher nicht betretenen analytischen Wege aufzusuchen, und werden bei dieser Gelegenheit auch vollständige Aufklärung über die Bedeutung jener „Kräfte der relativen Bewegung“ erlangen, — eine Aufklärung, die uns in die Lage versetzt, nicht mit halbem, sondern mit vollem Bewusstsein, und ohne Gefahr für die Sicherheit des Resultates, Gebrauch zu machen von jenen „Kräften der relativen Bewegung“, die sonst so leicht ein Stein des Anstosses werden.

*) Die von dem Verfasser ausgearbeitete und vorgetragene neue, auf der mechanischen Wärmetheorie basirende und für den practischen Gebrauch sehr bequeme Theorie der Dampfmaschinen wird ebenfalls demnächst der Oeffentlichkeit übergeben werden.

Dieser natürliche analytische Weg besteht darin, dass man die allgemeinen analytischen Ausdrücke für die orthogonalen Componenten jener wirklichen Kraft ermittelt, welche die absolute krummlinige Bewegung hervorbringt, und diese allgemeinen Ausdrücke mit den speciellen Bedingungen der Aufgabe in Verbindung bringt.

Wir sprechen also zunächst über die

Kräfte der absoluten krummlinigen Bewegung.

Eine ebene krummlinige Bahn eines frei beweglichen Atoms ist im Allgemeinen durch zwei Umstände bedingt:

Erstens durch den Anfangszustand des Atoms, nämlich durch den Ort und durch die Grösse und Richtung seiner Geschwindigkeit zur Zeit Null, d. i. in dem Zeitmoment, von welchem aus wir die Bewegung verfolgen wollen, und

Zweitens, durch die variable Intensität und Richtung der Resultirenden aller auf das Atom wirkenden Kräfte. —

Jedes Atom aber, auch eines mit gezwungener Bahn, kann als ein frei bewegliches betrachtet werden, wenn man nicht nur jene auf das Atom wirkenden Kräfte zu einer Resultirenden zusammensetzt, welche ihren Sitz ausserhalb des Systems haben, dem das Atom angehört (die äusseren Kräfte), sondern auch alle inneren auf das Atom wirkenden Kräfte, welche ihren Sitz in den Massen des Systems selbst haben, und zu welchen insbesondere jene Kraft gehört (der Bahndruck), welche eben die gezwungene Bewegung erzielt.

So ist z. B. für ein Wassertheilchen in der Jonval-Turbine das Gewicht desselben eine äussere Kraft, sie hat ihren Sitz in der das Theilchen anziehenden Erde. Der Druck der Schaufel und die Pressung der Nachbartheilchen sind innere, immer paarweise vorkommende Kräfte. Sobald man aber nur die Bewegung eines einzelnen Theilchens ins Auge fasst, so sind diese Kräfte in Bezug auf dieses einzelne Theilchen auch äussere Kräfte, und alle diese auf das Theilchen wirkenden Kräfte setzen sich zu einer nach Richtung und Intensität wechselnden Resultirenden, sie heisse S , zusammen.

Diese Resultirende S kann immer als Resultante zweier orthogonaler Kräfte angesehen werden, und wir können für die im Maschinenbau vorkommenden Probleme viererlei Zerlegungsweisen der Kraft S in orthogonale Componenten aufstellen.

1. Parallel zu den orthogonalen Coordinatenachsen.
2. Nach der momentanen Richtung der krummlinigen Bewegung, und darauf senkrecht.
3. Nach der Richtung des Fahrstrahls, der den Anfangspunct des Coordinatensystems mit dem Ort des Atoms verbindet, und darauf senkrecht.
4. In dem Fall, als das Atom an eine steife bewegte krummlinige Bahn gezwungen ist, nach der momentanen relativen Bewegungsrichtung des Atoms längs dieser Bahn, und darauf senkrecht.

Erster Fall.

Es sei AB Fig. 1 die krummlinige Bahn eines Atoms, welches an dem Orte, wo die Beschleunigung der Schwere g ist, das elementare Gewicht k besitzt, M der Ort des Atoms

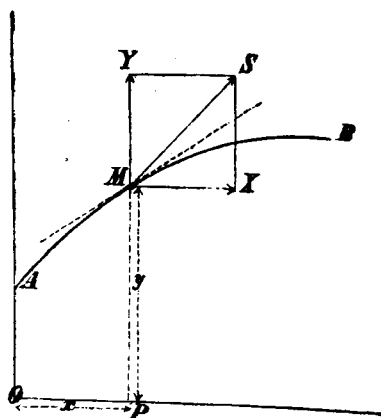
zur Zeit t ; $OP = x$,
 $MP = y$ seien seine
 rechtwinkligen Coordi-
 naten, welche beide von
 der Zeit t abhängig sein
 werden:

$$x = \varphi(t)$$

$$y = \psi(t);$$

endlich sei durch MS
 die Intensität und Rich-
 tung der Resultirenden
 S aller auf das Atom
 wirkenden Kräfte darge-
 stellt.

Fig. 1.



Es handelt sich um

die analytische Darlegung des Zusammenhangs zwischen der Kraft S und der Bahn AB , um, so weit als thunlich, das eine aus dem andern bestimmen zu können.

Zerlegt man zu diesem Behufe S in zwei zu den ortho-
 gonalen Coordinatenachsen parallele Kräfte X und Y , so kann
 die Bewegung nach der Richtung der x nur allein durch die
 Kraft X , jene nach der Richtung der y nur allein durch die
 Kraft Y abgeändert werden, also ist: $X = \text{Product aus der}$
 Masse $\frac{k}{g}$ in die Beschleunigung $\frac{d^2x}{dt^2} = \varphi''(t)$, nämlich

$$X = \frac{k}{g} \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{k}{g} \varphi''(t) \dots$$

und

$$Y = \frac{k}{g} \cdot \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{k}{g} \psi''(t) \dots \dots \dots (1)$$

Ist also das Bewegungsgesetz $x = \varphi(t)$, $y = \psi(t)$ ge-
 geben, so sind die orthogonalen Componenten der Kraft S
 ganz unzweideutig und einfach durch zweimalige Differenzia-
 tion zu berechnen.

Wäre aber das Bewegungsgesetz unbekannt, hingegen die
 Gesetze bekannt, nach welchen X und Y mit der Zeit t
 variiren,

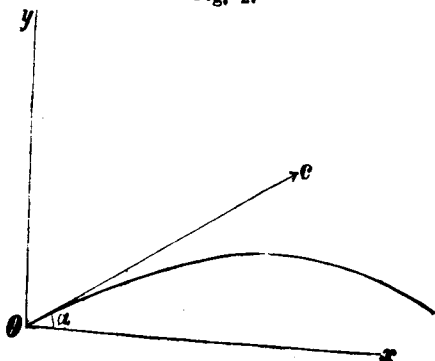
$$X = \frac{k}{g} f(t), \quad Y = \frac{k}{g} F(t),$$

so erhielten wir die Differenzialgleichungen

$$\frac{d^2x}{dt^2} = f(t), \quad \frac{d^2y}{dt^2} = F(t),$$

aus welchen sich durch je zweimalige Integration x und y als
 Functionen von t ergeben, jede mit zwei willkürlichen Con-
 stanten, welche durch den Anfangszustand bestimmt werden
 können. So hat man z. B. zur Bestimmung der Gesetze des
 schiefen Wurfes, Fig. 2 gegeben:

Fig. 2.



$$X = 0, \quad x_0 = 0, \quad \left(\frac{dx}{dt}\right)_0 = c \cos \alpha,$$

$$Y = -k, \quad y_0 = 0, \quad \left(\frac{dy}{dt}\right)_0 = c \sin \alpha,$$

wo sich der Stellenzeiger 0 auf die Werthe zur Zeit 0 be-
 zieht, und c die anfängliche Wurfgeschwindigkeit bezeichnet,
 denn es sind allgemein $\frac{dx}{dt}$, $\frac{dy}{dt}$ die Geschwindigkeiten nach
 den Richtungen der Coordinatenachsen gemessen, zur Zeit t .

Setzt man statt X und Y ihre allgemeinen Werthe aus
 (1) ein, so folgt:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = 0, \quad \text{und} \quad \frac{d^2y}{dt^2} = -g,$$

somit

$$\frac{dx}{dt} = A, \quad x = At + B,$$

und

$$\frac{dy}{dt} = -gt + A', \quad y = -\frac{1}{2}gt^2 + A't + B',$$

und nach Ermittlung der Constanten A , B , A' , B' mittelst
 obiger 4 Bestimmungsgleichungen:

$$\left. \begin{aligned} x &= ct \cos \alpha, \\ y &= ct \sin \alpha - \frac{1}{2}gt^2. \end{aligned} \right\}$$

Viel schwieriger gestaltet sich die Sache, wenn X und
 Y nicht constant sind oder als Functionen von t , sondern als
 Functionen von x und y , oder gar als Functionen aller drei
 Variablen x, y, t gegeben wären. Man wird dann in der Regel
 die Integration der Differenzialgleichungen

$$\frac{d^2x}{dt^2} = f(x, y, t)$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = F(x, y, t)$$

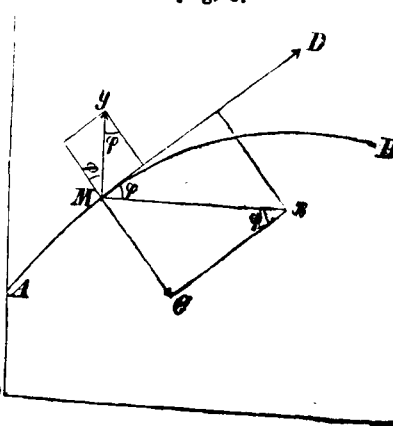
nicht durchzuführen im Stande sein. Häufiger tritt aber bei
 practischen Problemen der Fall ein, das X und Y gar nicht
 unmittelbar gegeben sind, und sehr complicirte Functionen
 wären, während die durch eine andere Zerlegungsweise
 entstehenden Componenten von S sich einfacher gestalten, und
 direct gegeben, oder umgekehrt direct die zu bestimmenden
 Grössen sind.

Wir gehen daher zu den drei anderen Zerlegungsweisen über.

Zweiter Fall.

Die Zerlegung der Kraft S erfolgt in zwei orthogonale
 Componenten C und D , Fig. 3, von welchen C normal und
 D tangential zur absoluten Bahn AB des Atoms steht.

Fig. 3.



Die Normalkraft C
 soll längs des Krüm-
 mungshalbmessers ge-
 messen werden, die Tan-
 gentialkraft D hingegen
 nach der Richtung der
 Bewegung, so dass sie
 negativ ist, wenn die Be-
 wegung eine verzögerte
 ist. Wir finden die all-
 gemeinen Ausdrücke für
 die Intensität dieser
 Kräfte, indem wir jede
 der beiden früheren Componenten X und Y nach den neuen

Richtungen zerlegen. Es folgt mit Rücksicht auf die Richtung von C und wegen

$$\begin{cases} \pm C = X \sin \varphi - Y \cos \varphi \\ D = X \cos \varphi + Y \sin \varphi \end{cases} \quad (2)$$

wenn φ der Winkel der Tangente MD oder, strenger bezeichnet, des Wegelementes ds gegen die Richtung der Abscissenaxe OX , also

$$\sin \varphi = \frac{dy}{ds}, \quad \cos \varphi = \frac{dx}{ds}$$

ist.

Fände z. B. die Bewegung in der Richtung BMA statt, so wäre $\varphi > 180^\circ$, $\sin \varphi$ und $\cos \varphi$ negativ, dx und dy negativ; ds ist immer positiv.

Bezeichnet v die Geschwindigkeit des Atoms im Punkte M , so ist das in der Zeit dt durchlaufene Wegelement

$$ds = v dt,$$

also auch

$$\begin{cases} \sin \varphi = \frac{dy}{v dt} \\ \cos \varphi = \frac{dx}{v dt} \end{cases} \quad (3)$$

Werden die Gleichungen (1) und (3) in (2) eingeführt, so folgt:

$$\begin{aligned} \pm C &= \frac{k}{g} \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} \cdot \frac{dy}{v dt} - \frac{k}{g} \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} \cdot \frac{dx}{v dt} = \\ &= \frac{k}{g} \cdot \frac{dy d^2 x - dx d^2 y}{v^3 dt^3} \cdot v^3, \end{aligned}$$

d. i.

$$\pm C = \frac{k}{g} \cdot \frac{dy d^2 x - dx d^2 y}{ds^3} \cdot v^3 \quad (4)$$

und

$$\begin{aligned} D &= \frac{k}{g} \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} \cdot \frac{dx}{v dt} + \frac{k}{g} \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} \cdot \frac{dy}{v dt} = \\ &= \frac{k}{g} \cdot \frac{\frac{1}{2} d(dx^2 + dy^2)}{v dt^3}, \end{aligned}$$

oder wegen

$$dx^2 + dy^2 = ds^2 = v^2 dt^2,$$

also

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} d(dx^2 + dy^2) &= v dv \cdot dt, \\ D &= \frac{k}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \quad (5) \end{aligned}$$

Der Werth für C , Gleichung (4), lässt sich weiters wie folgt vereinfachen.

Da zwei aufeinander folgende Normalen sich im Krümmungsmittelpunkt schneiden und numerisch den Winkel $d\varphi$ einschliessen, so ist

$$ds = \pm \rho d\varphi,$$

wo das Zeichen $+$ für mit der Zeit wachsende, $-$ für mit der Zeit abnehmende φ gilt. Eine genaue Ueberlegung aller möglichen Combinationen der Bahnform und Bewegungsrichtung zeigt aber auch, dass von dem Doppelzeichen \pm in der ersten Gleichung (2) das obere für mit der Zeit abnehmende, das untere für mit der Zeit wachsende φ gilt.

Wir müssen also, conform der Gleichung (2), hier schreiben:

$$ds = \mp \rho d\varphi.$$

Nun folgt aus

$$\tan \varphi = \frac{dy}{dx},$$

$$\frac{d\varphi}{\cos^2 \varphi} = \frac{dx d^2 y - dy d^2 x}{dx^3},$$

$$\cos \varphi = \frac{dx}{ds},$$

$$d\varphi \cdot \frac{ds^3}{dx^3} = \frac{dx d^2 y - dy d^2 x}{dx^3},$$

$$d\varphi = \frac{dx d^2 y - dy d^2 x}{ds^3},$$

also

$$ds = \mp \rho \cdot \frac{dx d^2 y - dy d^2 x}{ds^3},$$

$$= \pm \rho \cdot \frac{dy d^2 x - dx d^2 y}{ds^3},$$

mithin

$$\frac{dy d^2 x - dx d^2 y}{ds^3} = \pm \frac{1}{\rho} \quad (6)$$

eine auch aus der analytischen Geometrie schon bekannte Gleichung für den Krümmungshalbmesser.

Durch Einführung derselben in (4) folgt:

$$C = \frac{k}{g} \cdot \frac{v^3}{\rho} \quad (7)$$

Für manche Aufgaben ist es bequemer, statt ρ seinen Werth

$$\rho = \mp \frac{ds}{d\varphi} = \mp \frac{v dt}{d\varphi}$$

in die Gleichung (7) einzuführen, wodurch erscheint:

$$C = \mp \frac{k}{g} \cdot \frac{v^3 d\varphi}{v dt} = \mp \frac{k}{g} \cdot v \cdot \frac{d\varphi}{dt} \quad (7')$$

Desgleichen kann man für manche Fälle die (5) bequemer in der Form anwenden:

$$D = \frac{k}{g} \cdot \frac{dv}{dt} = \frac{k}{g} \cdot \frac{v dv}{v dt} = \frac{k}{g} \cdot \frac{v dv}{ds} = \mp \frac{k}{g} \cdot \frac{v dv}{\rho d\varphi},$$

oder

$$D = \mp \frac{k}{2g} \cdot \frac{d(v^2)}{\rho d\varphi} \quad (5')$$

Die gesuchten nach dem Krümmungshalbmesser und nach der Bewegungsrichtung wirkenden Componenten C und D der Kraft S , welche dieselbe krummlinige Bewegung hervorbringen, wie die früheren Componenten X und Y , sind also:

$$\begin{cases} C = \frac{k}{g} \cdot \frac{v^3}{\rho} = \mp \frac{k}{g} \cdot v \cdot \frac{d\varphi}{dt} \\ D = \frac{k}{g} \cdot \frac{dv}{dt} = \mp \frac{k}{2g} \cdot \frac{d(v^2)}{\rho d\varphi} \end{cases} \quad (8)$$

wobei das obere oder untere Zeichen gilt, je nachdem φ bei dem Wachsen der Zeit t abnimmt oder zunimmt.

Ist z. B. die Geschwindigkeit des Atoms in der absoluten krummlinigen Bewegung constant $= c$, wie bei der Bewegung einer in eine horizontal liegende krumme, aber reibungslose Röhre geworfenen Kugel, so gelten die Gleichungen

$$\begin{cases} C = \frac{k}{g} \cdot \frac{c^3}{\rho} \\ D = 0 \end{cases} \quad (9)$$

C gibt dann die Intensität des Druckes zwischen dem Atom und seiner gezwungenen Bahn an, und es ist dieselbe dem Krümmungshalbmesser verkehrt proportional.

Soll also die Bewegung im Kreis vom Halbmesser r mit constanter Geschwindigkeit c erfolgen, so ergibt sich unmittelbar das hiezu nöthige Kräftesystem:

$$\begin{cases} C = \frac{k}{g} \cdot \frac{c^3}{r} \\ D = 0 \end{cases} \quad (10)$$

Für eine Kreisbewegung mit variabler Geschwindigkeit, wie sie z. B. eintreten wird, wenn das Atom in gezwungener Kreisbewegung Hindernisse zu überwinden hat, findet man hingegen aus (8):

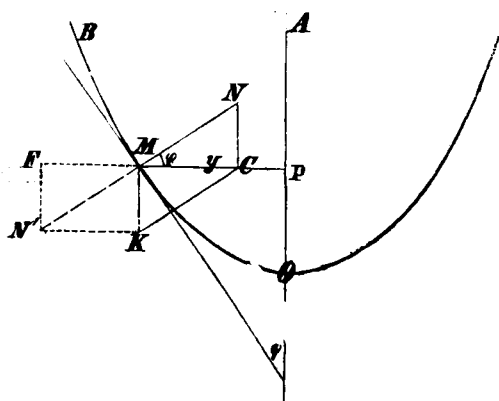
$$\left. \begin{aligned} C &= \frac{k}{g} \cdot \frac{v^2}{r}, \\ D &= \frac{k}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (11)$$

Wir wollen in zwei hierher gehörigen Beispielen die Anwendung der Gleichungen (10), respective (11) ersichtlich machen.

1. Beispiel. Der parabolische Centrifugal-Regulator von Franke.

Die demselben zu Grunde liegende Aufgabe lautet wie folgt: Es ist die Form einer um die verticale Axe OA Figur 4 mit constanter Winkelgeschwindigkeit ω rotirenden

Fig. 4.



Curve OB so zu bestimmen, dass ein Atom M vom Gewichte k in jedem Punkte derselben stehen bleibt, wenn alle Widerstände hinweg gedacht werden.

In diesem Beispiel ist die krumme Bahn, in welcher sich das Atom M bewegt, der Form nach bekannt, sie ist nämlich jedenfalls ein mit constanter Geschwindigkeit c durchlaufener horizontaler Kreis. Aber der Halbmesser $MP = y$ desselben ist unbekannt, und soll eben gesucht werden vermittlest der gegebenen Eigenschaft der Kraft, darin bestehend, dass diese die Kreisbewegung bewirkende Centralkraft

$$MC = C = \frac{k}{g} \frac{c^2}{y}$$

die Resultirende der beiden auf das Atom wirkenden Kräfte sein muss, nämlich des Gewichtes $MK = k$, und des normalen Bahndrucks $MN = N$. Ist somit φ der Winkel, den die Tangente in M gegen die Axe OA macht, so hat man aus dem Kräfteparallelogramm:

$$N \cos \varphi = C = \frac{k}{g} \frac{c^2}{y} = \frac{k}{g} \cdot \frac{\omega^2 y^2}{y} = \frac{k}{g} \omega^2 y,$$

und

$$N \sin \varphi = k.$$

Hieraus ergibt sich durch Division der zweiten durch die erste Gleichung:

$$\tan \varphi = \frac{g}{\omega^2 y},$$

und aus der zweiten Gleichung:

$$N = \frac{k}{\sin \varphi}.$$

Es ist aber, wenn nach OA die Abscissen x der Curve OB gemessen werden:

$$\tan \varphi = \frac{dy}{dx},$$

also

$$\frac{dy}{dx} = \frac{g}{\omega^2 y},$$

oder

$$y dy = \frac{g}{\omega^2} dx,$$

somit durch Integration:

$$\frac{1}{2} y^2 = \frac{g}{\omega^2} x + \text{Const.},$$

und wenn wir den Anfangspunkt der Abscissen in den Scheitel O verlegen:

$$y^2 = \frac{2g}{\omega^2} x.$$

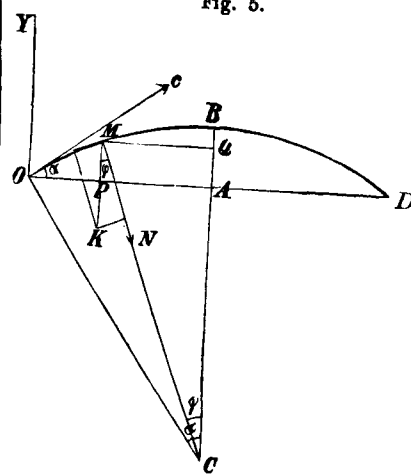
Dies ist die Gleichung einer Parabel vom Parameter

$$p = \frac{2g}{\omega^2}.$$

Wir haben also die Form der gesuchten Curve OB und den Bahndruck $N = \frac{k}{\sin \varphi}$ bestimmt, somit die Aufgabe vollständig gelöst.

2. Beispiel. — Es soll die Bewegung einer in eine vertical gestellte kreissegmentförmige Röhre OBD , Fig. 5, geworfenen Kugel ohne Rücksicht auf Widerstände bestimmt werden. Der Fall ist zwar nicht practisch, aber seine Behandlungsweise ist instructiv.

Fig. 5.



Die beschleunigende Kraft ist hier einzig und allein das Gewicht $MK = k$, d. i. nach der Richtung der positiven y gemessen die Kraft $-k$, denn der Bahndruck N , welchen die Kreisröhre auf die Kugel ausübt, steht immer normal

auf die Röhre oder senkrecht gegen die Bewegungsrichtung, kann also die Bewegungsintensität nicht ändern, sondern nur allein die Bewegungsrichtung. Zerlegt man also in irgend einem Punkte M der Bahn, die abwärts gerichtete Kraft k in eine Componente nach der Richtung des Radius MC , welcher mit dem verticalen Halbmesser CB den Winkel φ einschliesst, und in eine tangentielle der Bewegungsrichtung entgegen gestellte Componente, so ergeben sich in diesem Beispiele die Werthe der in (11) mit C und D bezeichneten Kräfte:

$$C = N + k \cos \varphi = \frac{k}{g} \frac{v^2}{r},$$

$$D = -k \sin \varphi = \frac{k}{g} \frac{dv}{dt},$$

folglich

$$N = k \left(\frac{v^2}{gr} - \cos \varphi \right)$$

und

$$dv = -g \sin \varphi dt,$$

zu welchen beiden Gleichungen noch die Gleichung der Bahn hinzutritt:

$$y = MP = CQ - CA = r (\cos \varphi - \cos \alpha).$$

Aus diesen drei Gleichungen ergibt sich nun die vollständige Lösung des Problems in folgender Weise:

Es ist

$$v dv = -g \sin \varphi \cdot v dt = -g \sin \varphi \cdot ds,$$

und da φ abnimmt, wenn der Bogen $OM = s$ wächst, also

$$ds = -r d\varphi$$

ist:

$$v dv = g \sin \varphi \cdot r d\varphi.$$

Integrirt:

$$\frac{1}{2} v^2 = -gr \cos \varphi + \text{Const.}$$

$$v^2 = -2gr \cos \varphi + \text{Const.},$$

welches Resultat man schneller erhalten hätte, die zweite Gleichung (8) benützend:

$$D = -\frac{k}{2g} \frac{d(v^2)}{r d\varphi} = -k \sin \varphi$$

$$v^2 = 2gr \sin \varphi d\varphi = -2gr \cos \varphi + \text{Const.}$$

Für $\varphi = \alpha$ ist nach der durch die Figur bezeichneten Voraussetzung

$$v = c,$$

also

$$c^2 = -2gr \cos \alpha + \text{Const.},$$

folglich

$$v^2 - c^2 = -2gr (\cos \varphi - \cos \alpha) = -2gy,$$

mithin

$$v^2 = c^2 - 2gy,$$

ein Resultat, welches unmittelbar aus dem Gesetz der lebendigen Kräfte zu erhalten gewesen wäre; denn der Unterschied der lebendigen Kräfte in den Puncten M und O :

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{k}{g} v^2 - \frac{1}{2} \cdot \frac{k}{g} c^2$$

muss gleich sein der von der Kraft $-k$ während ihres Weges y producirten Wirkung $-ky$; folglich

$$\frac{k}{2g} v^2 = \frac{k}{2g} c^2 - ky,$$

oder

$$v^2 = c^2 - 2gy$$

wie oben.

Die Intensität des Bahndrucks M folgt aus

$$N = \frac{k}{r} \left(\frac{v^2}{g} - r \cos \varphi \right)$$

$$= \frac{k}{r} \left(\frac{v^2}{g} - y - r \cos \alpha \right),$$

somit wegen

$$v^2 = c^2 - 2gy$$

$$N = \frac{k}{r} \left(\frac{c^2}{g} - 3y - r \cos \alpha \right).$$

Es ist also für jeden durch die Ordinate y bezeichneten Punct die Geschwindigkeit v und der Bahndruck N gefunden.

Es ist bemerkenswerth, dass wir oben die Gleichung $v^2 = c^2 - 2gy$ einmal durch eine Integration, das andere Mal mittelst des Princip der lebendigen Kräfte ohne Integration gefunden haben. Das kommt daher, weil das Princip der lebendigen Kräfte, oder wie es Redtenbacher nennt, das Gesetz der Thätigkeit der Kräfte:

$$L - l = W - w$$

(Differenz der lebendigen Kräfte = Differenz der producirten

und consumirten Wirkungen) eigentlich nichts anderes ist als das Integral der Gleichung

$$dL = dW = Kds.$$

Setzt man nämlich die lebendige Kraft $L =$ dem halben Product aus der Masse $\frac{k}{g}$ in das Quadrat der Geschwindigkeit:

$$L = \frac{1}{2} \frac{k}{g} v^2$$

oder gleich dem Product aus dem Gewicht k in die Geschwindigkeitshöhe $\frac{v^2}{2g}$, und statt ds seinen Werth $v dt$, so führt die

Differenzialgleichung

$$dL = Kds$$

oder

$$\frac{k}{g} \cdot v dv = K v dt$$

auf die Fundamentalformel für die Kraft zurück:

$$K = \frac{k}{g} \cdot \frac{dv}{dt} = \text{Masse} \times \text{Beschleunigung}.$$

Geht man somit von dieser Kraftformel aus, so muss man nothwendig bei allen Problemen eine Integration mehr machen, als wenn man gleich vom Princip der lebendigen Kräfte ausgeht. Wo letzteres thunlich ist, wird man es daher auch jederzeit thun. Man hat dann bloß eine einzige Integration zu machen, um den Weg s aus der Geschwindigkeit v zu erhalten, mittelst

$$ds = v dt.$$

In vorliegendem Fall ist

$$ds = -r d\varphi$$

und

$$v = \sqrt{c^2 - 2gy} = \sqrt{c^2 - 2gr (\cos \varphi - \cos \alpha)},$$

somit erhielte man die Differenzialgleichung

$$dt = \frac{ds}{v} = -\frac{r d\varphi}{\sqrt{c^2 - 2gr (\cos \varphi - \cos \alpha)}},$$

durch deren Integration φ als Function von t folgen und somit das Problem vollständig gelöst sein würde.

Das eben behandelte Beispiel geht in ein practisches, nämlich in das Pendelproblem über, sobald wir uns die ganze Figur 5 umgewendet denken, so dass OY vertical abwärts gerichtet ist, und statt der Kraft $-k$ eine Kraft $+k$, gleich gerichtet mit OY , anbringen. Es folgt dann

$$y = r (\cos \varphi - \cos \alpha)$$

wie früher, hingegen ergibt sich

$$v^2 = c^2 + 2gy,$$

$$N = \frac{k}{r} \left(\frac{c^2}{g} + 3y + r \cos \alpha \right),$$

und

$$dt = -\frac{r d\varphi}{\sqrt{c^2 + 2gr (\cos \varphi - \cos \alpha)}}.$$

Wird die Anfangsgeschwindigkeit $c = 0$, die Pendellänge $r = l$, und

$$\begin{cases} \cos \varphi = 1 - \frac{1}{2} \varphi^2 \\ \cos \alpha = 1 - \frac{1}{2} \alpha^2 \end{cases}$$

gesetzt, d. h. φ und α klein angenommen, so folgt statt obiger vier Gleichungen:

$$y = \frac{l}{2} (\alpha^2 - \varphi^2),$$

$$v^2 = gl (\alpha^2 - \varphi^2),$$

$$N = \frac{k}{l} \left(\frac{3l}{2} (\alpha^2 - \varphi^2) + l (1 - \frac{1}{2}\alpha^2) \right),$$

$$= k (1 + \alpha^2 - \frac{1}{2}\varphi^2),$$

und

$$dt = - \frac{ld\varphi}{\sqrt{gl(\alpha^2 - \varphi^2)}},$$

woraus durch Integration:

$$t = - \sqrt{\frac{l}{g}} \int \frac{d\varphi}{\sqrt{\alpha^2 - \varphi^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{l}{g}} \cdot \arccos \frac{\varphi}{\alpha} + \text{Const.}$$

Beginnt man die Zeit zu zählen, wenn $\varphi = \alpha$ ist, so ist

$$0 = \sqrt{\frac{l}{g}} \cdot \arccos 1 + \text{Const.},$$

also

$$\text{Const.} = 0,$$

folglich

$$t = \sqrt{\frac{l}{g}} \cdot \arccos \frac{\varphi}{\alpha}.$$

Für $\varphi = 0$ folgt die halbe einfache Schwingungszeit

$$\frac{T}{2} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{l}{g}},$$

somit

$$T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

die gewöhnliche, nur für kleine, übrigens willkürlich grosse Ausschlagwinkel geltende Pendelformel.

Wegen

$$\sqrt{\frac{l}{g}} = \frac{T}{\pi}$$

ist sodann

$$t = \frac{T}{\pi} \cdot \arccos \frac{\varphi}{\alpha},$$

also

$$\frac{\varphi}{\alpha} = \cos \frac{\pi t}{T},$$

$$\alpha^2 - \varphi^2 = \alpha^2 - \alpha^2 \left(\cos \frac{\pi t}{T} \right)^2 = \alpha^2 \left(\sin \frac{\pi t}{T} \right)^2$$

und

$$v = \sqrt{gl} \sqrt{\alpha^2 - \varphi^2} = \sqrt{gl} \cdot \alpha \sin \frac{\pi t}{T}$$

$$v = \frac{agT}{\pi} \sin \frac{\pi t}{T}.$$

Es ist also die Geschwindigkeit bei der Pendelbewegung (und hieher gehört auch die auf den Lichtstrahl normale vibrierende Bewegung eines Aethertheilchens) proportional dem Sinus eines Winkels, der der Zeit proportional ist und von 0 bis 180° wächst, wenn t von 0 bis T wächst.

Die Spannung des Pendelfadens:

$$N = k (1 + \alpha^2 - \frac{1}{2}\varphi^2)$$

ist ein Minimum für $\varphi = \alpha$, wo sie auf

$$N_0 = k \left(1 - \frac{\alpha^2}{2} \right) = k \cos \alpha,$$

nämlich auf die radiale Componente des Gewichtes sinkt, und sie ist ein Maximum für $\varphi = 0$, d. i. in der momentanen Position der Ruhelage, wo sie den Werth

$$N_1 = k (1 + \alpha^2)$$

erreicht, mithin aus der Summe des Gewichtes k und der die

Kreisbewegung erzwingenden Centripetalkraft

$$C = \frac{k}{g} \cdot \frac{v^2}{l} = \frac{k}{g} \cdot \frac{gl\alpha^2}{l} = k\alpha^2$$

besteht.

Die durch vorstehende Theorie erlangte Kenntniss der Spannung des Pendelfadens würde uns auch erlauben, die Oscillationen des elastischen Fadens in radialem Sinn zu berechnen, und wir würden (annähernd) finden, dass die Länge l des Pendels zur Zeit $= 0$ um λ kürzer und zur Zeit $\frac{T}{2}$, d. i. in der verticalen Position um λ länger ist als im Mittel, wobei

$$\lambda = \frac{3}{4} \cdot \frac{k}{\epsilon} \cdot \frac{\alpha^2 l}{a}$$

ist, unter a den Fadenquerschnitt und unter ϵ den Modulus der Elasticität verstanden; und dass diese mittlere Länge selbst wieder um $\frac{1}{2}\lambda$ grösser ist, als die Länge des mit k ruhig belasteten vertical hängenden Fadens.

Als Beispiel über die Anwendung der allgemeinen Gleichungen (8) für die zweite Zerlegungsweise könnte man den gezwungenen Fall längs einer willkürlichen Curve, z. B. der Cycloide, durchführen.

(Fortsetzung folgt)

Der Thalsperrenbau in seiner Anwendung bei Verbauung der Wildbäche,

mit besonderer Rücksicht auf Tirol.

Von Albert Hilbe.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 16 und 17.)

Wer je Gelegenheit hatte die Wildbäche Tirols in ihrer vollen Thätigkeit zu beobachten, muss gestehen, dass diese Wasserdämonen zu den gefürchtetsten Naturerscheinungen in einem Gebirgslande gehören. Nicht allein dass dieselben in ihren tobenden Anläufen den nächstgelegenen Uferanwohnern gefährlich sind, sondern sie wirken auch langsamen Schrittes verderbenbringend auf die fruchtbaren Thalniederungen, indem sie hier die zu Flüssen angewachsenen Gewässer aufstauen und die Rinnsale der letzteren in Folge des massenhaft beigebrachten Geschiebes erhöhen, folglich Ueberschwemmungen und Versumpfungen daselbst erzeugen. Denn die durch das rasche Gefäll des Wildbaches erzeugte Geschwindigkeit und rapide Kraft, womit das Steingerölle von den Bergen herab in die Thalsole geliefert wird, erlahmt in der Ebene und es vermag der träge Lauf der Flüsse die schweren Schuttmassen nicht weiter zu fördern, weil eben die Geschiebtführung der Wildbäche aus den Seitenthälern nicht im Gleichgewichte mit der Förderungskraft der Flüsse steht.

Die Wirkungen der geschiebführenden Wildbäche auf die Thalniederungen sind in der Regel auch weit schädlicher als vereinzelte Ausbrüche derselben in den Seitenthälern, weil letztere Schäden sich über geringe Flächen ausdehnen, jene aber weitwirkend über ganze Thalgegenden sich erstrecken, — Erscheinungen, die in Tirol jedem aufmerksamen Beobachter allenthalben entgegentreten und ihn vermöge des im ge-

steigerten Grade zunehmenden Uebels mit Besorgniss für das Wohl der Anwohner, welche mitunter bis zur völligen Entkräftung mit dem verheerenden Elemente um ihr Hab und Gut ringen, erfüllen müssen.

Suchen wir zunächst nach der Ursache der Schädlichkeit der Wildbäche, so werden wir finden, dass dieselbe hauptsächlich in der Geschiebführung liegt, die durch das Lockerwerden der Berge erzeugt wird. Dieses Lockerwerden entspringt entweder aus dem natürlichen Gang der Dinge durch Verwitterung des Bergstoffes, oder durch Gewinnsucht der Menschen durch Zerstörung jenes vegetabilischen Bodens, womit die Vorsehung auch die steile Bergseite zu ihrer Erhaltung begabt hat, nämlich: durch die Entwaldung! Erstere ist ein unausweichliches Gesetz der Natur; letztere aber ein Missbrauch des Menschen, welchem die Gesetze des Staates Einhalt thun müssen.

Daraus geht hervor, dass die Verminderung der Geschiebführung in den Thaliunnen das wesentlichste Mittel zur Unschädlichmachung der Wildbäche ist, dass aber die gänzliche Zurückhaltung des aufgelösten Bergstoffes ausser dem Bereiche menschlicher Möglichkeit liegt; somit die Bezähmung der entarteten Gebirgsbäche in der Regel nicht vollkommen, sondern nur bis zu einem für die Anwohner beruhigenden Grade erreicht werden kann.

Der Zweck der Geschiebsverminderung kann einestheils erreicht werden durch die Benützung der Naturkräfte, worunter die Wiederbeforstung der entholzten und brüchig gewordenen Bergseiten zu verstehen ist, und andernteils durch Anwendung künstlicher Mittel, nämlich: durch Bauwerke. — Im Grunde betrachtet kann auch nur das erstere Mittel als ein radicales bezeichnet werden, während Bauwerke einzig als Förderungs- und Palliativ-Mittel anzusehen sind; daher letztere auch nur vereint mit der Wiederbeforstung in Anwendung gebracht werden sollen, weil Bauwerke allein dem stetigen Uebel wohl momentan Einhalt thun, aber es für sich allein nur selten nachhaltig verbessern können.

Wenn nun schon selbstverständlich die Sache der Wiederbeforstung ausser den Bereich dieser bautechnischen Erörterung fällt, so wird sich hier auch nicht zur Aufgabe gestellt, eine umfassende Beschreibung der mannigfaltigen Erscheinungen an den Wildbächen und der vielfachen Abwehrmittel gegen letztere zu geben, sondern es soll sich das folgende hauptsächlich nur auf die Erörterung des sogenannten Thalsperren- oder Klausenbaues und seiner Anwendung beschränken, und zwar aus dem Grunde, weil hierüber noch abweichende Ansichten sowohl unter der von den Wildbächen bedrohten Bevölkerung, als auch unter den mit ihrer Bezähmung betrauten Technikern bestehen, weil ferner gerade durch diese Bauwerke die pecuniären Kräfte der Betheiligten am meisten in Anspruch genommen und mitunter selbst vergeudet werden.

Die Construction der Thalsperren ist in den meisten Fällen analog mit jener der Stauwehren, welche in Bächen und Flüssen zum Auffangen des Wassers in Betriebskanäle für Mühlen, Fabriken u. s. w. angelegt werden. Da diese Stauwerke in vielen Werken über Hydraulik ausführlich beschrieben sind, so wird hier von dem constructiven Detail

derselben abgesehen und im Verfolge nur der diessfälligen Hauptgrundsätze gedacht; jedoch im Weiteren noch auf die Abhandlung über „die Verbauung der Wildbäche“ vom emeritirten k. k. Bau-Directions-Adjuncten J. Duile, und auf die Broschüre des k. baier'schen Eisenbahn-Ingenieurs Franz Müller über „die Gebirgsbäche und ihre Verheerungen“ verwiesen *).

Beide der ebenbenannten Autoren stellen verschiedene Constructions-Arten für Thalsperren dar und legen einen besondern Werth auf den Bau hölzerner Thalsperren, welche aber aus dem Grunde nicht empfehlenswerth sind, weil Holzmaterial sehr vergänglich ist und die Stabilität dieser Bauten, wovon das Wohl und Wehe ganzer Ortschaften und Thalgehenden abhängt, mit der unvermeidlichen Holzfäulniss abnimmt und endlich zu kostspieligen Reconstructionen, oder bei Unterlassung derselben, zu grossen Verheerungen führen muss. Hölzerne Thalsperren tragen daher den Keim der Zerstörung schon bei ihrer Errichtung in sich und ist ihr Bestand um so bedenklicher, in je grösserem Umfange sie angelegt werden, besonders wenn man noch den Umstand erwägt, dass sie gewöhnlich in wilden schwerzugänglichen Gebirgsschluchten erbaut werden, wo sie dann beim Abgange der so nothwendigen strengen Beaufsichtigung insolange der Indolenz der Bevölkerung verfallen, bis nicht die unheilvolle plötzliche Zerstörung geschehen ist. Wenn also überhaupt zur Bezähmung eines Wildbaches Thalsperren errichtet werden müssen, so sollen diese aus festem, dauerhaftem Materiale, nämlich aus massivem Steinmauerwerk construiert werden, denn die erste Bedingung hiebei ist und bleibt die Solidität.

Die Verwendung von Holz zu diessfälligen Zwecken erscheint nur in Fällen gerechtfertigt, wo kein brauchbares Gestein vorhanden, oder dessen Beischaffung unerschwinglich wäre; ausserdem, wenn die anzulegenden Verkläusungen nur geringe Höhe erhalten und als Provisorium zu gelten haben, um etwa in Abrutschung befindliche Berglehnen solange zur Ruhe zu bringen, bis der Beharrungsstand mittelst Anpflanzungen erreicht werden kann.

Steinerne Thalsperren werden entweder von Bruchstein- oder von Quadermauerwerk, je nach Beschaffenheit des vorhandenen Gesteins und je nach dem sie einen grössern oder geringern Widerstand zu leisten haben, construiert. Ihre Anlage und beziehungsweise Construction richtet sich stets nach der Terraininformation, die sehr verschieden sein kann. Gewöhnlich sucht man feste Felsenufer, mit welchen die Seiten der Wehrmauer unangreifbar verbunden werden; wenn aber keine solche vorhanden sind, so muss man selbe durch solide Flügelmauern ersetzen, indem der Bestand der Wehre oder Sperre vorzugsweise von der Seitenbefestigung abhängt. Nicht minder wichtig ist indessen auch die Gründung und das Voroder Aufhaltpflaster der Wehre, da eine Zerstörung des letztern leicht eine Unterspülung, somit den Einsturz der erstern herbeiführen kann.

In Fällen, wo die Felsenufer nicht zuweit voneinander abstehen und feste Widerlager bieten, erscheint es immer am

*) Erstere Abhandlung erschien im Druck bei Wagner in Innsbruck 1834; letztere bei Krüll in Landshut 1857.

gerathensten, wenn man im schotterigen Grunde der Bachsohle statt der sonst üblichen Herstellung eines pilotirten Rostes einen segmentförmigen Gewölbobogen quer über das Rinnsal sprengt und darauf die Wehrmauer stellt. Nur hat man dann vorzusehen, dass vermöge des hydrostatischen Druckes der Schottergrund unter und vor der Wehrmauer sich nicht hebe, weil sonst eine Entleerung des durch die Thalsperre gebildeten Beckens unter dem Gewölbobogen durch erfolgen könnte, ohne dass die Thalsperre in ihrem Bestande zu leiden käme. Eben diese Gefahr könnte auch durch Ausschlagung eines tiefen Kolkes gleich vor der Wehrmauer herbeigeführt werden, daher auch in dieser Beziehung mittelst Versenkung grosser Steinblöcke oder Herstellung eines festen Sturz- oder Auf-fallpflasters gehörige Vorsorge getroffen werden muss. Kann übrigens in nicht zu übermässiger Tiefe Felsengrund erreicht werden, so bietet dieser die sicherste Gewähr für die Standhaftigkeit der Thalsperre, und entfällt sodann selbstverständlich sowohl vorbemerkte Gewölbanlage, als auch die Durchbruchgefahr im Grunde.

In der Regel werden gemauerte Thalsperren auch im Horizontalschnitte nach einem gegen den Bachlauf gekehrten Segmentbogen angelegt, dessen Pfeilhöhe nicht weniger als ein Sechstheil der Spannweite betragen soll.

Zur bessern Verdeutlichung des oben Gesagten mögen die angefügten Zeichnungen Bl. Nr. 16 und 17 dienen, in denen die im Laufe des letzten Decenniums auf Staatskosten ausgeführten Thalsperren an der Fersina bei Cantanghel nächst Trient und al Testo im Maso-Wildbache bei Borgo di Valsugana dargestellt sind. — Erstere ist durchgängig aus Quadermauerwerk construiert und erforderten die bezüglich Bauarbeiten einen Aufwand von 22,700 fl. C. M., während letztere aus Bruchsteinmauerwerk mit Quaderverkleidung an der Aussenseite und an der Krone hergestellt wurde und einen Baukostenaufwand von 14,700 fl. in Anspruch nahm.

Die Gründe, welche die Errichtung von Thalsperren oder Rinnsalverklausungen bestimmen, sind verschieden, folglich ist auch ihr Zweck ein mehrfacher und wird damit in der Regel angestrebt:

A. Die Zurückhaltung des bereits in Bewegung gesetzten Bergstoffes (Schutt und Gerölle), welcher vom Bache den Thalniederungen zugeführt wird.

B. Die Verminderung der Schubkraft des Gewässers durch Brechung des Gefälls der Bachsohle.

C. Die Zuruhebringung allfälliger hinter der Thalsperre befindlicher Erdbrüche und die Beseitigung wunder Bergfüsse.

D. Die Verhinderung der Rinnsalvertiefungen in angeschwemmtem oder lockerem Boden.

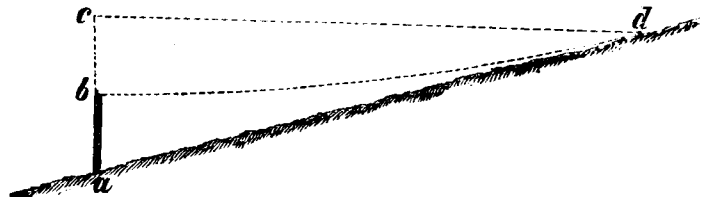
Diese speciellen Zwecke des Gegenstandes der Rede näher betrachtend, ergibt sich folgendes:

ad. A. Werden Thalsperren zum Zwecke der Geschiebszurückhaltung angelegt, so nennt man sie gewöhnlich Schotterfänger. In dieser Eigenschaft können sie nur in solchen Situationen mit Vortheil angelegt werden, wo eine enge Thalrinne oder Schlucht sich befindet, hinter der sich eine ausgedehntere Fläche (Thalkessel oder Becken) mit geringem Gefälle zur Ablagerung des Geschiebes bietet.

Beim Antrage auf Herstellung eines Schotterfängers liegt es dem Projectanten ob, die Geschiebsmasse, welche aufgehalten werden soll, im Voraus zu berechnen, um theils daraus den Erfolg des Bauwerkes ableiten zu können, und anderntheils auch, um die Grenze der Geschiebsaufstauung zu bestimmen, indem auf den zur Schuttablagerung zu verwendenden Plätzen oder Becken oft cultivirte Gründe vorkommen, die entweder ganz occupirt werden müssen, oder nur theilweise eine Benachtheiligung erleiden; mithin die diessfalls nothwendig werdende Grundentschädigung schon bei der Projectsverfassung ausgemittelt werden muss. — Die Stauungsgrenze wurde bisher von den tirolischen Technikern auf folgende Weise bestimmt:

Wenn ad die Bachsohle und ab die Höhe der Thalsperre ist, so trägt man letztere doppelt auf, nämlich $2ab = ac$; zieht man dann von c eine Horizontale bis zur Bachsohle, so wird der Durchschnittspunct d die äusserste Grenze der Geschiebsablagerung bilden, d. h. es wird sich die Wirkung der Wehre bis zum Puncte d erstrecken.

Diese in der Praxis gepflogene Methode bei Ausmittlung des Rückstauungs-Gebietes basirt sich auf den mathematischen Lehrsatz der hydraulischen Stauweite bei Ueberfallwehren, wo die Linie des Rückstaus nahezu eine Parabel ist, deren Schenkel im Niveau der Aufstauung senkrecht über der Wehre liegt und welche den ursprünglichen Wasserspiegel



tangirt. Nach dem Lehrbuche über den Wasserbau von M. Becker *) (Seite 171) entwickelt sich hiernach mittelst der Gleichung der Parabel die Formel:

$$Y = \frac{2H}{i}$$

wo Y die Stauweite, H die Höhe des Aufstaus über dem ursprünglichen Wasserspiegel der Sohle und i das Gefälle des Flusses auf die Längeneinheit bedeutet.

Vorstehende Formel beispielsweise auf die Geschiebsaufstauung hinter einer Thalsperre angewendet, ergibt sich, wenn man annimmt, dass die Wehrmauerhöhe = 24 Fuss und das Gefällsverhältniss = $\frac{1}{24}$ sei:

$$Y = \frac{2 \times 24}{\frac{1}{24}} = 48 \times 24 = 1152 \text{ Fuss.}$$

Die Ausmittlung der Stauungsgrenze für das Wildbachgeschiebe nach Maassgabe der Formel für die hydraulische Stauweite dürfte indessen nur als eine annäherungsweise zu betrachten sein, und zwar aus dem Grunde, weil die Stauung des Wassers und jene des Geschiebes, vermöge der ungleichen Bewegkraft beider Flüssigkeiten, verschieden sein muss. Denn die Wildbachflüssigkeit mit ihrem mehr oder weniger dichten Gemenge von Erde, Stein und Wasser hat offenbar mehr Zähigkeit in der Bewegung, als das reine Wasser, mithin

*) Stuttgart in der Verlagsbuchhandlung des Karl Mäcker 1856.

ceteris paribus die Geschiebsstauung weiter zurückgreift als die Stauung des reinen Wassers. — Ueberhaupt lässt sich eine genaue Regel für die Stauung des Geschiebes schon wegen dessen Verschiedenartigkeit und Wechsel im Gemenge nicht wohl aufstellen und wird man mit obiger Annahme in der Praxis genügend ausreichen.

Es wäre ein Irrthum, wollte man ferner annehmen, dass die ganze aufgestaute Geschiebsmasse hinter einem Schotterfänger für alle Fälle zum Nutzeffekte gehöre. Denn das Bassin, welches gleich nach Errichtung der Wehrmauer gebildet wird, füllt sich anfänglich nur mit stagnirendem Wasser, das dann nach und nach theils durch den feinen Niederschlag des trüben Wassers, theils durch die gröbere gewöhnlich nur langsam gegen die Wehrmauer vorrückende Geschiebsmasse verdrängt wird, wenn nicht etwa plötzliche grosse Bachanläufe den gewöhnlichen Gang der Dinge unterbrechen und die Füllung des Bassins auf einmal oder wenigstens zum grossen Theile hervorbringen. Abgesehen aber von derlei ausserordentlichen Ereignissen kann der blosse Niederschlag des trüben Wassers und die meistens gleich an der Wehrmauer sich zeigende Anhäufung von Sand und erdigen Theilen nicht zum angestrebten Zwecke der Zurückhaltung des Bachgeschiebes gerechnet werden, weil dieses feine Materiale, das sich zuweilen in grosser Menge ablagert, ohne irgend einen Nachtheil als trübes Wasser hätte abfliessen können, während es nun, durch die Thalsperre aufgehalten, den für das gröbere Geschiebe bestimmten Raum beeinträchtigt.

Die momentan günstigen Erfolge, welche durch Herstellung von Schotterfängern erzielt werden, haben diesen Bauwerken die allgemeine Beliebtheit in Gebirgsgegenden verschafft, weil sie den bedrohten Thalbewohnern auf einige Zeit Ruhe verschaffen und sie in den Wahn einschummern, als seien dieselben das einzige Radicalmittel zur Behebung des stetigen Uebels, bis endlich dieses wieder aufs Neue hervorbricht und die Kurzsichtigen zum wiederholten erschöpfenden Kampfe aufscheucht.

Thalsperren in der Eigenschaft als Schotterfänger sind offenbar nur Palliative, denn durch sie wird nur das bereits in Bewegung gesetzte Berggerölle bis zu einem bestimmten Maasse aufgehalten und zwar insolange, bis das Stauwerk hinterfüllt und der gebrochene Neigungswinkel der Bachsohle wieder ausgeglichen sein wird; alsdann wird der ungebundene, der Thalrinne continuirlich zugeführte Bergstoff über das Stauwerk hinweg wie ehemals weiter geschoben. — Es ist deshalb bei derlei Verbaunungsanträgen gründlich zu erwägen, ob der Nutzen, welcher durch das mittelst Schotterfänger zurückgehaltene Geschiebsquantum erzielt wird, wohl im Einklange mit dem Aufwande stehe und ob nicht der angestrebte Zweck durch andere nachhaltigere Vorkehrungen, sei es durch Sicherung der brüchigen Bergfüsse, oder durch Herstellung von Ablagerungsplätzen am Ausflusse der Wildbäche in die Ebene des Hauptthales etc. erreicht werden könne.

Die Schwierigkeiten, welche sich der Bezähmung der Wildbäche im Allgemeinen entgegenstellen und die Ausdauer, welche hiebei erfordert wird, veranlassen den damit betrauten Techniker nicht selten, ohne gehörige Rechtfertigung auf die Herstellung kostspieliger Thalsperren den Antrag zu stellen;

wozu ihm die vorerwähnte Kurzsichtigkeit der bedrohten Bevölkerung zu Hilfe kommt und er mitunter auch durch die momentan günstigen Erfolge und die sofortige wohlfeile Anerkennung seines Wirkens verleitet wird. Solche Motive sind selbstverständlich verwerflich und gleichen einem Hintergehen der Hilfesuchenden.

Durch das eben Gesagte soll indessen keineswegs die Behauptung aufgestellt sein, dass die Errichtung von Schotterfängern in geschiebführenden Wildbächen unnütz sei, sondern nur, dass bei deren Antragstellung mit aller Umsicht und reiflicher Erwägung vorgegangen werden müsse, denn es gibt thatsächlich Fälle genug, wo selbe vollkommen gerechtfertigt erscheinen. So z. B. am Fersina Wildbache, welcher bei Trient in die Etsch mündet. — Dieser furchtbare Wildbach, welcher die Stadt Trient und ihre Umgebungen schon wiederholt mit Ueberschüttung bedrohte und den Lauf des Etschflusses in Unordnungen brachte, erstreckt sich bis zu seinem Ursprunge auf eine Länge von 16,000 Klaftern und führt von den kahlen entwaldeten Gebirgshängen erstaunliche Schuttmassen mit sich, die ihm durch die unzähligen Seitenbäche und Bruchhalden zugeleitet werden. Eine derartige immense Geschiebsbewegung steht, im Verhältniss zur abfliessenden Wassermenge anderer Wildbäche, fast ohne Gleichen da, und kann selbe begreiflich nicht auf einmal gebannt werden, indem zur Milderung des stetigen Uebels mittelst des strengsten Forstschutzes und unausgesetzter Bepflanzungen, dann durch Verbauung der bespülten wunden Bergfüsse und durch Beseitigung der so häufig Bergbrüche erzeugenden Wiesenbewässerungscanäle u. s. w. eine Reihe von Jahren erfordert wird. Während der Durchführung dieser so dringend gebotenen Vorkehrungen, die leider noch nicht in das entsprechende Geleise gebracht werden konnten, erübrigt also wohl nichts anderes, als Palliative anzuwenden, um die Verwüstungen, welche sonst die mittlerweile in Bewegung gesetzten Geschiebsmassen im Hauptthale anrichten würden, hintanzuhalten. Zu diesem Ende sind auch schon zwei grosse Schotterfänger im Fersina-Rinnsale unweit Trient in sehr geeigneten Lagen angelegt worden, und zwar der erste in der engen, circa 250 Fuss tiefen Felsenspalte bei Pont' alto, dessen aus Steinquadern hergestellte Wehrmauer nach mehrmaliger Erhöhung nun einen Ueberfall von beiläufig 150 Fuss Höhe bildet. — Weiter thaleinwärts befindet sich die auf Bl. Nr. 16 dargestellte Thalsperre von Cantanghel mit einer Stauhöhe von 52½ Fuss, hinter welcher sich ein geräumiges Becken öffnet, das nach der oberwähnten Methode berechnet, ein Geschiebsquantum von 164,000 Cubicklaftern aufzunehmen im Stande sein wird.

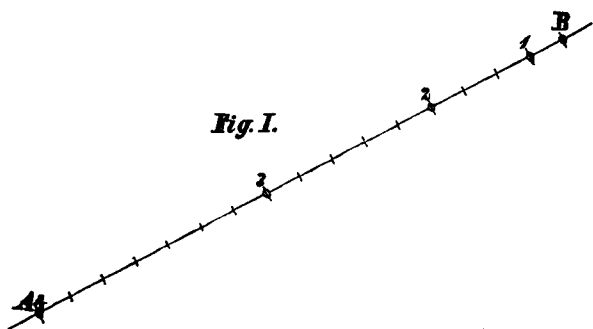
Die zeitweilige Zurückhaltung des Wildbachgeschiebes bedingen mitunter auch Flusscorrectionen und andere damit in Verbindung stehende Operationen, um diese in ihrer anfänglichen Wirkung nicht zu hemmen und dem angestrebten Zwecke unbeirrt zuführen zu können; wie dies z. B. am Noce Wildbache und dessen neuer Einleitung in die Etsch bei Zambana der Fall ist u. s. w.

ad B. Werden Thalsperren angelegt um die Schubkraft des Wildbaches zu vermindern, so können sie in dieser Eigenschaft füglich Hemmwehren genannt werden. Ihre

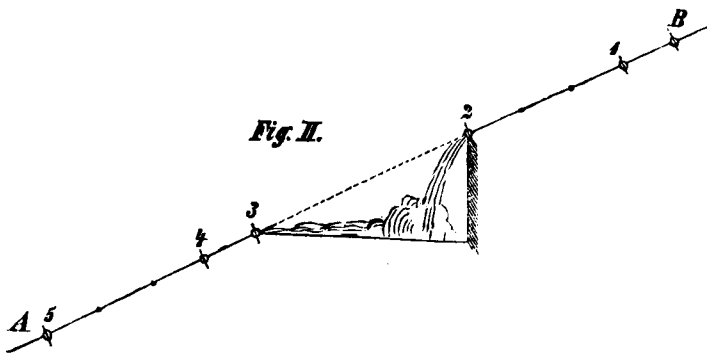
Anwendung wird zuweilen dort empfohlen, wo aus steil abfallenden Seitenthälern grobes Gerölle oder Steinmassen in das Hauptgerinne des Wildbaches herabgewälzt werden; alsdann werden aber in der Regel mehrere aufeinanderfolgende solcher Hemmwehren angelegt, um die Entkräftung des Bachlaufes und das beabsichtigte Liegenlassen der schweren Steinmassen erzwecken.

Theoretisch genommen liegt es ausser Zweifel, dass durch Brechung des Bachgefälls die ursprüngliche Geschwindigkeit des Bachlaufes gehemmt und verzögert wird und zwar in desto höherem Grade, je mehr Hemmwehren in einer bestimmten Entfernung von einander errichtet werden. Zum Beweise dessen möge folgende Darstellung dienen:

Jede Flüssigkeit, welche über eine schiefe Ebene rinnt, folgt dem Gesetze der Schwere, hat daher eine gleichmässige Beschleunigung und legt in der ersten Secunde 1 Wegeinheit, in der zweiten 3 Wegeinheiten, in der dritten 5, in der vierten 7 u. s. w. zurück.



Wendet man dieses Gesetz auf die schiefe Ebene eines Wildbaches an, dessen Sohle *A* *B* und der Anfang der Beobachtung in *B* sei, so wird die Flüssigkeit nach der ersten Secunde den Weg *B* 1, nach der zweiten Secunde den Weg *B* 2, nach der dritten Secunde den Weg *B* 3, und nach der vierten Secunde den Weg *B* 4, also in 4 Secunden Rinnzeit 16 Wegeinheiten zurückgelegt haben.



Denkt man sich nun in Fig. II nach der zweiten Secunde die Bachsohle durch ein Ueberfallwehr unterbrochen, so stürzt die Flüssigkeit über dieselbe hinunter und wird die Verticalgeschwindigkeit gänzlich aufgehoben. Nimmt man ferner an, dass die Horizontalgeschwindigkeit am Fusse des Ueberfalles im Stande sei, die Flüssigkeit noch bis zum Punkte 3 zu bringen, so würde hier der Zustand eintreten wie im Punkte *B*, wo die Geschwindigkeit = 0 ist. Alsdann wird die Flüssigkeit nach einer Secunde Rinnzeit wieder eine

Wegeinheit machen und nach 4 (Fig. II) kommen, und nach der zweiten Secunde nach 5.

Betrachtet man sofort, während die Flüssigkeit über die schiefe Ebene fliesst, beide der vorangeführten Fälle, so ergibt sich, dass die Flüssigkeit nach jedem Ueberfallwehr mit ihrer Beschleunigung vermöge der Schwere wieder beginnen muss, und dass im Punkte 4 der Fig. I die Geschwindigkeit 7, dagegen im Punkte 5 der Fig. II nur 3 ist; d. h. es hat die Flüssigkeit auf der schiefen Ebene der Fig. I 16 Wegeinheiten in 4 Secunden Rinnzeit zurückgelegt, während sie auf der schiefen Bahn mit dem Ueberfallwehr (Fig. II) nur 8 Wegeinheiten in derselben Rinnzeit gemacht hat.

Obschon die vorstehende Beweisführung die Anwendung von Hemmwehren beim Vorhandensein der geeigneten Terrainbeschaffenheit im vortheilhaften Lichte erscheinen lässt, muss gleichwohl der Umstand nicht ausser Acht gelassen werden, dass Wildbäche bei ihren Anschwellungen nicht reines Wasser führen, dessen Menge, Geschwindigkeit und Kraft gleich wie bei Flüssen berechnet werden kann, sondern dass ihre Flüssigkeit ein Gemenge von aufgelöstem Bergstoff ist, das sich vom trüben Wasser bis zur breiartigen mit grössern und kleinern Steinen gemischten Substanz gestaltet. Je dichter und zäher also dieses Gemenge ist, desto geringer wird die Geschwindigkeit der Wildbachflüssigkeit sein. Ueberdies sind die Rinnsale der Wildbäche vermöge des stets wechselnden Gefälls und der ungleichen Breite u. s. w. wohl höchst selten geeignet, um wie an Flüssen und Canälen Erhebungen zu mathematischen Berechnungen pflegen zu können.

Demgemäss kann füglich der Grundsatz aufgestellt werden, dass sich der Projectant bei solchen Antragstellungen nicht lediglich auf die Theorie stützen darf, weil eben die Wildbäche in ihren Wirkungen und territorialen Verhältnissen so verschieden und die Elementarerscheinungen so wechselhaft sind, dass unmöglich alle einflussnehmenden Factoren in Rechnung gebracht werden können, und dass also nur der practische Blick und die Erfahrungen des umsichtigen Technikers in der Bestimmung der anzuwendenden Schutzmittel maassgebend sein sollen.

ad C. Bei Erforschung der Ursache der Geschiebführung in Wildbächen findet man oft, dass der Fuss steiler Halden vom Bache bespült, unterwaschen und weggeschwemmt wird. Die Folge davon ist dann, dass die Halde, des Fusses beraubt, in Bewegung geräth und dem Bache durch stete Erdabrutschungen eine Menge Material zuführt, das er sofortb jedem grössern Anlaufe weiter fördert.

Derlei Bergbrüche oder Bruchhalden (auch Muhren, Risen und Rüfen genannt) können manchmal, wie schon oben bei Besprechung der aus Holz construirten Thalsperren bemerkt wurde, mittelst Herstellung eines Stau- oder Ueberfallwehres zur Ruhe gebracht werden, wenn anders die Oertlichkeit die Anlage desselben gleich unmittelbar vor dem Bergbruche gestattet, indem durch den zeitweilig gehemmten Lauf des Baches die Abspülungen und somit die Abrutschungen unterbleiben und der wunden Berghalde Zeit verschafft wird, sich wieder mit Gesträuch etc. zu bewachsen.

Beim Antrage solcher Stauwerke ist übrigens wohl in Betracht zu ziehen, ob sich selbe nicht vortheilhafter durch

die Verbauung des angegriffenen Bergfusses mittelst rauher Steinwürfe oder Taludirungen ersetzen liessen.

ad *D.* Dass Wildbäche mitunter ihren Lauf über Diluvial-Anhäufungen oder andern durch verwitterten Bergstoff entstandenen Boden nehmen, ist eine gewöhnliche Erscheinung in Gebirgsgegenden. Hier reissen sie beim Entstehen von Wolkenbrüchen die vegetabilische Erdecke auf, furchen sich tief in den lockern Boden ein und führen erstaunliche Materialmassen nach der Tiefe des Hauptthales, so dass zuweilen Ortschaften und Fruchtgründe in grosser Ausdehnung überschüttet werden. Solchen unheilvollen Ereignissen wird zumeist durch die Entholzung von derlei lockern Berghängen Bahn gebrochen; nicht selten aber werden selbe auch durch die rücksichtslose Ausbringung der Forstproducte mittelst sogenannter Erdrisen und durch Triftungen herbeigerufen. — Die hiebei entstandenen Furchen, insoferne sie nicht dem Wildbache zum constanten Rinnsale dienen, können am geeignetsten durch einfache Holzverhaue oder andere einfache Schwellwerke unschädlich gemacht werden, indem durch die Anbringung der letztern den Vertiefungen durch das sich sammelnde Regenwasser begegnet wird. Alsdann wird sich die Furche durch Einstürzen der steilen Seitenwände bald wieder verlegen und mit Rasen oder Gesträuch überzogen werden.

Anders verhält es sich, wenn der Wildbach beständig durch eine im lockern abschüssigen Terrain aufgerissene Furche fliesst. Alsdann hat er das naturgemässe Bestreben sich in die Tiefe zu graben und das durch seinen Lauf aufgelockerte Materiale weitzuschieben. Die Folge davon ist, dass die Seitenwände der Furche immer steiler werden und von Zeit zu Zeit in die Bachsohle abstürzen, bis endlich aus der Furche eine weite Schlucht oder ein Thalkessel gebildet wird. — Derlei Erscheinungen begegnet man in Tirol nur zu vielfältig und dürfte jene am Wildbache Canal San Bovo im Bezirke Primiero eine der grossartigsten sein, die je in der Neuzeit in einem Gebirgslande entstanden ist. — Diese ungeheuren Materialdepots sind es auch vorzugsweise, welche die Gebirgsflüsse mit Geschiebe überladen und sofort die bekannten Calamitäten in den Ebenen des Flachlandes hervorbringen.

Solchen Schäden kann nur bei ihrem Entstehen nachhaltig vorgebeugt werden, denn wenn die Einfurchung schon zu weit vorgeschritten ist, lässt sich diese äusserst schwer und gewöhnlich nur mit grossen meist unerschwinglichen Auslagen in den Beharrungsstand setzen. Zu diesem Behufe können auch Thalsperren von grösserem Umfange selten entsprechen, weil schon die Lockerheit des Terrains ihre Anlage erschweren und unsicher machen müsste.

Der Sohlenvertiefung in Wildbächen kann in manchen Fällen vortheilhafter durch Verlegung der Rinnsale mit grossen Steinen in Form von concaven Steinbettungen oder Auspflasterungen begegnet werden, indem diese eine feste unangreifbare Sohle bilden und nebst dem den Vortheil gewähren, dass sie, nachdem doch in fast allen ausgeschwemmten Bergschluchten grösseres Gestein (Findlinge) liegen bleibt, mit geringen Kosten zu Stande gebracht werden können. — Dass diese Vorkehrung bei umsichtiger Anordnung vom besten Erfolge begleitet sein wird, dafür bürgen schon die Winke, welche uns die Natur gibt; denn man beobachtet nur soge-

nannte Giess- oder Sturzbäche, die wohl den Character der Wildheit aber nicht jenen der Zerstörung zeigen, so findet man, dass diese Bäche bei Anschwellungen schäumend und tobend über die in ihrem Gerinne liegenden Stein- und Felstrümmer stürzen, ohne irgend einen Schaden zu verursachen, so, dass derlei Gewässer füglich als „Wildbäche im normalen Zustande“ bezeichnet werden können. Würde man aber die besagten Felstrümmer, die sich als von der Natur errichtete Hemmwehren darstellen, wegräumen, so träten alsbald die verderblichsten Folgen ein, indem der Bach sich in die Tiefe graben, die Ufer angreifen, kurz, den Character der Abnormität und der Zerstörung annehmen würde. Die Aussteinigung der Wildbäche im lockern, stark abschüssigen Terrain ist daher immer eine gewagte Sache und hat oft schon theils durch Unverstand, theils durch particulären Eigennutz (um z. B. auf leichte und bequeme Art Bausteine zu erhalten) die nachtheiligsten Folgen nach sich gezogen.

In jenen Fällen, wo das Steinmaterial zu vorgedachter Sohlenpflasterung wirklich mangeln sollte, erübrigt wohl nichts anderes, als die Sohlenvertiefung mittelst hintereinander angebrachter hölzerner Schwellwerke von geringer Stauhöhe zu erzwecken.

Zum Schlusse dieser Abhandlung sei noch des Berichtes Erwähnung gethan, welchen der rühmlichst bekannte österreichische Hydrotechniker Ritter von Pasetti im Jahre 1845 über die Untersuchung der Etsch behufs ihrer Regulirung an den Landesgouverneur von Tirol und Vorarlberg erstattete, wovon lithographirte Abdrücke bei der Landesbaudirection zu Innsbruck sich vorfinden. In dieser Relation sind auch die Thalsperren-Vorthelle besprochen und im wesentlichen durch folgende Grundsätze characterisirt:

„Der Zweck der Thalsperren ist, ein Becken zu bilden, in welchem das Materiale zurückgehalten wird, und um die Gewalt der Wildbäche zu brechen, so wie ihr Gefälle zu vermindern.“

„Die Thalsperren sind heroische Mittel, ihr Erfolg ist ausgiebig und unmittelbar, sie halten nämlich alles Gerölle zurück solange dasselbe das Becken hinter denselben nicht ausgefüllt hat.“

„Rücksichtlich der Oertlichkeit, in welcher Thalsperren anzulegen sind, darf keine Willkühr stattfinden; man muss sie an jenen Thalengen anlegen, wo der Wildbach in beständigen und felsigen Schluchten fliesst, und wo sich das Thal unmittelbar oberhalb der Schlucht ausbreitet, um ein breites Becken zu erhalten.“

Versuchsergebnisse bei Bohrversuchen, welche in den Jahren 1855 bis 1856 in Westphalen angestellt wurden.

Vom Ingenieur W. Jeep.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 18.)

Der Verfasser dieses fand Gelegenheit, vor einigen Jahren bei in Westphalen unternommenen Erdbohr-Versuchen mit den verschiedensten Apparaten und Bohrern umfassende Versuche anzustellen, deren Resultate zu ordnen ihm bisher

die Zeit fehlte, aber den Interessenten jedenfalls ebenso erwünscht kommen werden, als dies bei einer früheren Veröffentlichung der Fall gewesen wäre, da bisher, so viel dem Verfasser bekannt, nie derartige Versuchsergebnisse in solchem Umfange der Öffentlichkeit übergeben sind.

Es wird dem Leser jedenfalls einleuchten, dass es der Verständlichkeit und richtigen Beurtheilung des Folgenden wegen erforderlich ist, vorerst eine kurze Erklärung über die zur Verfügung gestandenen Apparate, sowie über die benutzten und angefertigten Bohrer zu geben, welche in der Reihe, wie die Nummern der Bohrlöcher oder Bohrversuche ergeben, zunächst folgt.

Auf Bohrloch Nr. 1 (Bl. Nr. 18, Fig. 1, 2, 3, 4) befand sich ein gewöhnliches Kabel mit einfachem Rädervorgelege, welches nicht ausgerückt werden konnte, aber mit einer Bremse neben der Seiltrommel, welche hinreichend stark war, um die Last des Gestänges zu halten. Es wurde auf diesem Bohrloche mittelst Drehens des Gestänges die Arbeit ausgeführt und waren Schneckenbohrer, Löffelbohrer und sogenannte Meisselbohrer vorhanden, wie dieselben in den Figuren 1, 2 und 4 abgebildet sind. Diesen Bohrern wurden noch die in Fig. 3 dargestellten Bohrer zugefügt, welche eine Vereinigung der Löffel- und Schneckenbohrer sind. Der Durchmesser des Bohrloches betrug $3\frac{1}{4}$ " rheinländisches Maass und bestand das Gestänge aus $1\frac{3}{8}$ " Quadrateisen in Stücken von 18' bis 20' Länge. Das Bohrloch hatte eine Tiefe von $22\frac{1}{2}$ Lachter erreicht, als die Beobachtungen ihren Anfang nahmen.

Auf Bohrloch Nr. 2 (Fig. 1, 2, 3, 4 und 5) befand sich ein Kabel mit doppeltem Rädervorgelege, aber so eingerichtet, dass nur mit einfachem Vorgelege gearbeitet werden konnte, und die Uebersetzung durch Ein- und Ausrücken der verschiedenen Räder eine grössere oder kleinere wurde. Das erforderliche Räderwerk ist in Fig. 5 angedeutet und die Einrichtung so, dass das Getriebe *b* mit dem Rade *d* in Eingriff gebracht werden kann, oder das Getriebe *c* mit dem Rade *e*, oder aber, dass beide Getriebe ausser Eingriff stehen und die Seiltrommelwelle sich allein bewegen kann. *a* stellt die Seiltrommel vor und *f* die Bremsscheibe. Die Bohrer, welche auf diesem Bohrloche verwendet wurden, waren die nämlichen, wie unter Nr. 1 angegeben. Die Arbeit wurde ebenfalls durch Drehen bewerkstelligt und bestand das Gestänge aus $1\frac{1}{4}$ " Quadrateisen in Stangen von 25' bis 30' Länge. Die Tiefe des Bohrloches war $27\frac{3}{4}$ Lachter bei Beginn der Beobachtungen.

Auf Bohrloch Nr. 3 (Fig. 6, 7, 8, 9, 10 und 11) befand sich ein doppeltes Kabel, wie dasselbe in der zugehörigen Zeichnung dargestellt ist. Es besteht dasselbe aus zwei Kabeln mit einfachen Vorgelegen, welche auszurücken sind, den Seiltrommeln, von denen die eine durch eine Scheidewand in zwei Theile getheilt ist, und kräftigen Bremsen neben den Seiltrommeln.

Ausserdem befand sich hier eine Vorrichtung, wie dieselbe in Fig. 13 und 14 dargestellt ist. Das Bohren auf diesem Bohrloche geschah nicht, wie auf den beiden vorher erwähnten, mittelst Drehens der Bohrer, resp. Gestänge, sondern durch Schlagen, und diente diese Vorrichtung dazu, um das Gestänge, resp. den Bohrklotz, mit dem Bohrer abwechselnd zu

heben und zu senken. Diese Vorrichtung besteht einfach aus einem Bock, in welchem ein ungleicharmiger Balancier ruht, welcher an dem kurzen Arme das Gestänge aufnimmt, während an der langen Seite Vorkehrung getroffen ist, dass 4 bis 6 Arbeiter auf denselben wirken können. Das Hebelverhältniss betrug 1:5. Das Gestänge war mit Hilfe des mit *B* bezeichneten Stückes an den Balancier befestigt und hat dies den Zweck, einmal das Gestänge allmählig tiefer sinken zu lassen, andertheils aber auch, um demselben eine kreisförmig um sich drehende Bewegung zu ertheilen. Die Bohrer selbst, welche durch den sogenannten Bohrklotz zur Wirksamkeit gebracht wurden, waren gewöhnlich Meisselbohrer, wie dieselben in Fig. 8 und 9 angedeutet sind. Da diese Bohrer jedoch nur die Steine und Erde ablösen und zerkleinern, so musste zum Aushohlen dieser Theilchen der Löffel, Fig. 10 und 11, angewendet werden.

Das Kabel, welches oben erwähnt, war doppelt eingerichtet und diente die eine Seite dazu, den Löffel, welcher an einem Drahtseile befestigt war, zu handhaben, während die andere Seite dazu benutzt wurde, um die Gestänge ausziehen und einzulassen. Die Trommel dieser Hälfte war aus zwei Theilen gefertigt oder richtiger in zwei Theile getheilt, um das Gestänge auf möglichst schnelle Weise ausziehen und einlassen zu können, indem ein Seil mit dem Gestänge in die Höhe ging, während das andere Seil niederkam, und auf diese Weise ein fast ununterbrochenes Ausziehen erzielt wurde.

Das hier zur Anwendung gebrachte Gestänge bestand aus 35' langen Stangen von $\frac{3}{4}$ " Durchmesser; das Bohrloch war $3\frac{1}{4}$ " Durchmesser und bereits 17 Lachter abgebohrt, als die Versuche oder Beobachtungen begannen.

Auf Bohrloch Nr. 4 (Fig. 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13 und 14) wurde auf die nämliche Weise gearbeitet, befand sich aber statt der doppelten Kabel nur ein einfaches, wie dasselbe bei Bohrloch Nr. 2 angegeben und zum Löffeln eine gewöhnliche hölzerne Trommel mit Bremsscheibe, aber ohne Vorgelege oder Räderübersetzungen. Das Gestänge bestand hier aus $\frac{5}{8}$ " Rundeisen und betrug der Durchmesser des Bohrloches $3\frac{1}{2}$ ". Die Beobachtungen begannen hier vom Anfang der Arbeiten an, wurden aber die ersten 12 Lachter mittelst Drehbohrer abgebohrt.

Auf Bohrloch Nr. 5 (Fig. 7 bis 14 und 17 bis 21) wurde mit den Vorkehrungen gearbeitet, wie dieselben bei Bohrloch Nr. 3 angegeben sind, aber wurde hier bei einer Tiefe von 50 Lachter der Löffel mit dem Bohrer vereinigt, wie dies in den Figuren 17, 18, 19, 20 angegeben ist, und um diesen Apparat zur Anwendung zu bringen, das Bohrloch auf $6\frac{1}{4}$ " erweitert. Die Vorrichtung, welche in den gedachten Figuren dargestellt ist, bestand aus einem Rohre von 28' Länge, welches aus einzelnen Stücken zusammengesetzt war, und zwar auf die Weise, wie dies in Figur 19 deutlich ersehen werden kann. Das Rohr hatte $\frac{3}{4}$ " Eisenstärke und somit ein Gewicht von 1300 Pfunden, welches als hinreichend befunden wurde, um als Gewicht für den Meissel zu dienen. Der Meissel selbst bestand aus einem runden Stahlringe, welcher aus zwei Hälften zusammengepasst war und durch eiserne Bänder in der richtigen Lage erhalten wurde, welche in der Figur

mit *a* und *b* bezeichnet sind. Dieser Ring wurde durch ein Messer in zwei Theile getheilt.

Das mittlere Messer hatte den Zweck, die Gesteine von dem Boden des Bohrloches abzustossen, während das runde messerförmige Stück einestheils den Zweck hatte, die etwa stehenbleibenden Steinstückchen wegzunehmen, so, dass das Innere des Bohrloches rund wurde, sodann aber auch, um die abgestossenen Theilchen zu verhindern einen anderen Weg zu nehmen, als in das über dem Meissel befindliche Rohr. Zwischen dem Meissel und dem Rohre wurde ein gewöhnliches Klappenventil angebracht, welches den Zweck hatte, das einmal in dem Rohre befindliche Material oder Bohrmehl darin zu halten und nicht zurückfallen zu lassen. Ein zweites ebenso eingerichtetes Ventil befand sich an dem oberen Theile des Rohres und hatte dieses den Zweck, das in das Rohr tretende Wasser aus demselben zu lassen.

Einer Erwähnung wird es kaum bedürfen, auf welche Weise die Wirkung dieses Apparates war; die beiden Ventile waren bei dem Hube geschlossen, während dieselben beim Niederfallen einestheils durch die entstehenden Strömungen des Wassers, andernteils aber auch durch den Schlag geöffnet und offen gehalten wurden. Die abgestossenen Steinstückchen sprangen in die Höhe und gelangten durch das untere Ventil in das Rohr, während durch das obere Ventil das in dem Rohre zuviel befindliche Wasser entwich.

Auf Bohrloch Nr. 6 (Fig. 8, 9, 12, 17 bis 21) wurde mit dem nämlichen Apparate gearbeitet, wie auf Bohrloch Nr. 5, befand sich aber über der Erde eine Vorrichtung, wie solche in Weisbach's Ingenieur- und Maschinen-Mechanik angegeben ist, welche in den hier beigelegten Skizzen nicht dargestellt ist, weil dieses Buch ein sehr verbreitetes ist, und die Zeichnung leicht Jeder, welcher sich für den Gegenstand interessirt, wird bekommen können.

Es besteht dieselbe aus einem Kabel mit einfachem Rädervorgelege, welches mit Bremse und sonstigen Vorkehrungen zur Sicherheit wie zum erleichterten Betriebe vorgerichtet ist, und welches neben der Seiltrommel einen Dreischlag hat, mit Hilfe dessen durch verschieden angeordnetes Hebelwerk die Bewegung auf das Gestänge übertragen wird.

Bei dieser Art der Bewegung macht das Gestänge nur einen Hub von 5 bis 6 Zoll, während bei den sonstigen Schlagbohr-Verfahren mit Handbewegung ein Hub von 15" bis 18" angewendet wird. Es muss demnach das Fallstück schwerer sein, um denselben Effect zu erzielen, was durch die schnelleren Schläge allein nicht erzielt werden kann.

Auf diesem Bohrloche wurde das Gestänge auch fest an den Bohrklotz geschraubt, während bei den übrigen Bohrversuchen, bei denen mit grösserem Hube geschlagen wurde, zwischen dem Gestänge und dem Bohrklotze ein Abwerfstück angebracht war.

Auf Bohrloch Nr. 7 (Fig. 15 und 16) befand sich eine kleine zur Förderung eingerichtete Locomobile, welche für die Arbeit mit Gestängen vollständig ohne Vortheil war. Es wurden demnach Versuche gemacht, um mittelst Drahtseilen den Bohrklotz mit dem Rohre zu bewegen und so die Locomobile zu einer sehr zweckmässigen und für die Arbeiten des Ausziehens und Einlassens passenden Maschine zu

machen. Ebenso vortheilhaft erwies sich dieselbe bei den Arbeiten des Löffelns.

Um dem an dem Drahtseile unter der Erde befindlichen Bohrklotze die allmälige Drehung um seine Achse zu geben, ohne welche das Bohren nicht möglich ist, wurden die verschiedensten Vorrichtungen ausgeführt und versucht, mussten aber alle wegen theilweiser Mängel, die nicht abgestellt werden konnten, verworfen werden, bis zuletzt die in Fig. 15 und 16 abgebildete Einrichtung, als ihrem Zweck mit der genügenden Sicherheit entsprechend gefunden wurde und weitere Anwendung fand. Es wird hier eine nähere Beschreibung des Apparates an ihrem Platze sein, da von der richtigen Einrichtung desselben die ganze Arbeit abhängt.

Es wurde auf diesem Bohrloche mit einem Meissel und Bohrklotze nebst Löffel gearbeitet, was auf den hier zu beschreibenden Apparat übrigens keinen Einfluss hat, da eben so gut ein rohrförmiges Bohrstück daran befestigt werden kann, wie solches auf Bohrloch Nr. 8 in Wirklichkeit geschah.

Der hier in Rede stehende Apparat, wie derselbe in Fig. 15 und 16 dargestellt ist, wurde für ein 6 1/4" im Durchmesser habendes Bohrloch angefertigt und das bereits 24 Lachter tiefe Bohrloch auf diese Weise nachgebohrt. Später angestellte Versuche haben ergeben, dass bei Bohrlöchern von kleinerem Durchmesser Apparate dieser Art nicht mehr anzuwenden sind.

Dieser Apparat besteht nun, wie die Zeichnung deutlich ergibt, aus einem am besten aus Bronguss zu fertigenden Körper *e, e*, welcher drei gleichmässig im Umfange vertheilte Einschnitte *f, f, f* hat, an deren unteren Enden sich Lappen zur Bildung eines Charnieres angegossen befinden, in denen sich auf den Bolzen *g* die Zungen *h, h* drehen. Diese letzteren, so wie die Bolzen *g* sind am besten aus Stahl anzufertigen und zu härten. Die hinter den Zungen liegenden Federn *k, k* haben den Zweck, die Zungen stets nach aussen zu drücken und müssen zusammen einen Druck ausüben, welcher etwas geringer ist, als das Gewicht des Bohrklotzes mit dem Bohrmeissel. Damit die Zungen durch die Federn nicht ganz aus ihren Lagern gedrückt werden können, ist an dem bronceenen Körper am oberen Theile ein Rand angegossen, welcher so über die Einschnitte *f, f* tritt, dass die Zungen sich dagegen legen, wenn dieselben nicht eher Widerstand finden. Der Körper dieses Apparates ist hohl und zwar bis auf eine Länge von 4" bis 5" rund ausgenommen, während der untere Theil gleichsam eine Mutter zu der, um 1/4" in sich gedrehten Stange *c, c* aus quadratischem Eisen bildet. An dem unteren Ende der Stange *c, c*, deren Länge und Windung nach der Grösse des zu machenden Hubes zu richten ist, befindet sich ein Auge, *d, d*, welches zur Aufnahme des massiven oder rohrförmigen Bohrklotzes dient. Die Befestigung des Bohrklotzes an diesem Auge muss eine feste sein, gleichzeitig aber auch so eingerichtet, dass sich der Bohrklotz unabhängig von der Stange *c* drehen und auch heben kann.

Die Art der Arbeit ist nun einfach folgende: Der Apparat wird, nachdem der Bohrklotz mit dem Rohre in richtiger Weise an demselben befestigt ist und das Drahtseil an dem oberen Ende angebracht, mit allem Zubehör in das Bohrloch

gelassen. Da die Federn, welche die Zungen aus ihrem Gehäuse zu drücken streben, schwächer sind, als das Gewicht des Bohrklotzes, so werden dieselben, wenn sie in das Bohrloch eingehen, zurückgedrückt und der verursachte Widerstand durch das Gewicht des Bohrklotzes überwunden.

Wenn der Bohrklotz auf der Tiefe des Bohrloches angelangt ist, wird sich der oben beschriebene Apparat mit Hilfe der Federn und Zungen in dem Bohrloche festsetzen und sich der Bohrklotz bei dem Hube um das Stück drehen, um welches die Stange *c* des Apparates gewunden ist. Beim Niederfallen wird einmal durch die Trägheitsmomente der Körper von verschiedenem Gewicht, andernteils auch durch die Widerstände des Wassers zwischen dem Aufhängepunkte des Bohrklotzes und dem Auge, in welchem derselbe in oben angegebener Weise befestigt ist, ein Zwischenraum entstehen, und der Bohrklotz in Folge dessen lothrecht niederfallen, während die Stange *c* dem vorgeschriebenen Wege folgt. Erst wenn der Bohrklotz so weit gefallen ist, dass derselbe durch sein Gewicht eine feste Vertiefung mit der Stange hergestellt hat, wird derselbe an der Bewegung derselben theilnehmen.

Nach dem Gesagten wird es einleuchten, dass der Bohrklotz auf diese Weise in kleinen Stücken allmählig in dem Bohrloche um seine Achse gedreht wird, und mithin das erreicht ist, was erzielt werden sollte.

Das Schlagen bei diesem Bohrversuche wurde mittelst derselben Vorkehrung bewerkstelligt, wie dieselbe oben bereits angegeben ist.

Auf Bohrloch Nr. 8 (Fig. 13 bis 21) wurde der eben beschriebene Apparat angewendet, aber mit dem hohlen Fallstück gearbeitet. Die Vorrichtungen zum Schlagen waren die oben erwähnten und zum Ausziehen und Einlassen war ein gewöhnliches Kabel mit einfachem Rädervorgelege zur Verfügung.

Die Beobachtungen nahmen ihren Anfang, sobald festes Gestein gefunden war, was bei einer Tiefe von $2\frac{1}{2}$ Lachter geschah.

Der Durchmesser des Bohrloches betrug $7\frac{1}{2}$ “.

Auf Bohrloch Nr. 9 (Fig. 15 bis 21) endlich wurde die erwähnte Locomobile angewendet, dieselbe aber mittelst Kurbel und Gestänge mit einem Kunstkreuze in Verbindung gebracht, mit Hilfe welcher Vorkehrungen das Schlagen bewerkstelligt wurde. Die Seiltrommeln wurden so eingerichtet, dass dieselben ausser Verbindung mit der Maschine gebracht werden konnten, was geschah, sobald die Arbeiten des Schlagens begannen.

Der Durchmesser des Fallstückes betrug $6\frac{1}{4}$ “ und wurde ein hohles Fallstück angewendet.

Es ist keineswegs die Absicht des Verfassers, die hier bisher angegebenen Vorkehrungen auch nur theilweise als neu und von ihm zuerst construiert oder erfunden zu bezeichnen, sondern sind dieselben nur erwähnt und kurz beschrieben worden, um den geehrten Lesern die Vorrichtungen zu bezeichnen, welche bei den Versuchen angewendet wurden, und dadurch die Beurtheilung der Leistungsfähigkeit der verschiedenen Bohrer und Bohreinrichtungen möglich zu machen und den Interessenten bei vorkommenden Bohrversuchen diejenigen Apparate zu zeigen, welche bei den Versuchen die besten und zweckmässigsten gewesen sind.

Für den Fall, als einem der Leser die hier gegebenen Zeichnungen und Beschreibungen nicht genau genug sein sollten, ist der Verfasser gern bereit genauere und für etwaige Ausführungen ausreichende Zeichnungen und Beschreibungen zu liefern und mit seinen gemachten Erfahrungen Diejenigen, welche Bohrarbeiten unternehmen wollen, zu unterstützen, damit die kostspieligen und zeitraubenden Versuche nicht nöthig werden.

Noch muss bemerkt werden, dass bei dem Bohrversuche Nr. 9, bei einer Tiefe von 35 Lachtern das Gestänge, welches das Kunstkreuz mit der Maschine verband, durch ein Drahtseil ersetzt wurde und die Lager des Kunstkreuzes auf Rollen und Eisenbahn so angeordnet wurden, dass dieselben an der entsprechenden Stelle neben dem Bohrloche festgeklammert werden konnten, aber ein leichtes Lösen und zurückschieben desselben möglich war, wodurch die Arbeiten, welche dem Ausziehen und nachherigen Schlagen vorausgingen, bedeutend abgekürzt wurden.

Auszug aus den Betriebstabellen über Bohrloch Nr. 1, anfangend bei $22\frac{1}{2}$ Lachter gleich 150 Fuss. Auf diese Tiefe wurde $10\frac{1}{2}$ Wochen gebohrt, wobei die Zeit für Aufschlagen der Bohrhütte und Bohrapparate eingerechnet ist.

Numer d. Beobachtung	Zeit von einer Beobachtung zur anderen in Tagen	Tiefe des Bohrloches bei jeder Beobachtung in Fuss.	Art des Gebirges.	Art des angewendeten Bohrers.	In 24 Stunden gebohrt Zolle.	Anzahl der beschäftigten Arbeiter.	Zeit zum Ausziehen und Einlassen des Gestänges. Stunden.	Bemerkungen.
1	—	150	Grauer Mergel	—	—	8	1 $\frac{1}{2}$	Der Mergel ist so hart, dass mit dem Schneckenbohrer vorgebohrt werden muss, weil der Löffelbohrer nicht fasst.
2	10	14 $\frac{3}{4}$	"	Schneck. Löffel	17,7	8	1 $\frac{1}{2}$	
3	3	4 $\frac{1}{2}$	"	"	18	8	1 $\frac{1}{2}$	
4	5	6 $\frac{3}{8}$	"	"	15,3	8	1 $\frac{1}{2}$	
5	12 $\frac{3}{4}$	—	—	—	—	8	1 $\frac{1}{2}$	Bruch des Gestänges. Fangarbeiten.
6	2	4 $\frac{1}{4}$	Mergel	Löffel u. Schneck. Zusamm.	25 $\frac{1}{2}$	8	1 $\frac{1}{2}$	
7	7	8 $\frac{1}{2}$	"	"	14,6	9	1 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$ Tag Rep. am Kabel. Mergel, wie 1 bis 4.
8	4	6 $\frac{1}{2}$	"	"	18	9	1 $\frac{1}{2}$	
9	2	3 $\frac{1}{2}$	"	"	21	8	1 $\frac{1}{2}$	
10	1	1 $\frac{1}{4}$	"	"	15	8	1 $\frac{1}{2}$	
11	1	1 $\frac{1}{6}$	"	"	15	8	1 $\frac{1}{2}$	Eine harte Stelle im Mergel durchbohrt. 3 Tage Fangarbeiten. Mergel sehr weich. Der Mergel fängt an blau zu werden.
12	3	1 $\frac{1}{2}$	"	Meissel Schneck. Löffel	6	10	1 $\frac{1}{2}$	
13	8	4 $\frac{3}{4}$	"	Meissel Löffel	7,12	10	2	
14	12	13 $\frac{1}{8}$	"	Löffel	13,12	7	2 $\frac{1}{4}$	
15	14	17	"	"	14,57	6	3	Der Mergel fängt an blau zu werden. Eine harte Stelle durchbohrt. 5 Tage Fangarbeiten.
16	12	15	"	"	15	6	2 $\frac{3}{4}$	
17	8	7 $\frac{1}{2}$	blauer Mergel	Schneck. Löffel	11 $\frac{1}{4}$	6	3	
18	16	15 $\frac{1}{2}$	"	"	11,8	7	3	
19	1	1 $\frac{1}{4}$	"	Meissel	3	10	2 $\frac{3}{4}$	Eine harte Stelle durchbohrt. 5 Tage Fangarbeiten.
20	10	4 $\frac{1}{4}$	—	Meissel Löffel	5,7	9	3	
21	14	11 $\frac{1}{2}$	blauer Mergel	Schneck. u. Löffel Zusamm.	10	8	3	
22	12	9 $\frac{1}{2}$	"	"	9 $\frac{1}{2}$	8	3	
23	10	7 $\frac{3}{4}$	"	"	9,3	7	3 $\frac{1}{4}$	
24	22	14 $\frac{1}{2}$	"	"	10,35	9	3	
25	5	3 $\frac{1}{2}$	"	"	8,5	6	3 $\frac{1}{4}$	

Das Bohrloch wird durch ein Kohlenfeld überdeckt und deshalb der Betrieb eingestellt.

Die ganze Arbeitszeit betrug 255 Tage und wurden $326\frac{1}{4}$ Fuss abgebohrt. Die durchschnittlich gebohrte Tiefe pro 1 Tag gleich 24 Stunden betrug $15\frac{1}{4}$ Zoll.

Die Zahl der Arbeiter in der 8. Columnne ist diejenige, welche in einer Schicht, deren 3 auf 24 Stunden kommen, arbeiteten.

Auszug aus den Betriebstabellen über Bohrloch Nr. 2,

anfangend incl. 27 $\frac{1}{4}$ Lachter = 185 Fuss. Auf diese Tiefe wurde incl. Aufschlagen der Hütte 5 Monate gebohrt. Häufige Störungen durch Gestängebrüche waren eingetreten.

Numer d. Beobachtung.	Zeit von einer Beobachtung zur anderen in Tagen.	Tiefe des Bohrloches bei jeder Beobachtung in Fuss.	Art des Gebirges.	Art des angewendeten Bohrers.	In 24 Stunden gebohrt Zoll.	Anzahl der beschäftigten Arbeiter.	Zeit zum Ausziehen und Einlassen des Gestänges Stunden.	Bemerkungen.
1	—	185	Grauer Mergel	—	—	—	—	
2	10	16	"	Löffel u. Schneck. Zusamm.	19,2	7	1	
3	5	7 $\frac{1}{2}$	"	"	18	7	1	
4	6	—	"	"	—	12	—	
5	8	10	"	"	15	7	1 $\frac{1}{2}$	
6	3	5	"	"	20	8	1 $\frac{1}{2}$	
7	10	13	"	"	15,6	8	1 $\frac{1}{2}$	
8	7	9 $\frac{1}{2}$	"	"	16,3	7	1 $\frac{1}{2}$	
9	15	19	"	"	15,4	7	1 $\frac{1}{2}$	
10	6	9 $\frac{3}{4}$	"	"	19,5	8	1 $\frac{1}{2}$	
11	14	17	"	"	14,5	7	1 $\frac{1}{2}$	
12	23	—	"	—	—	14	—	
13	10	16 $\frac{1}{2}$	"	Löffel	19,8	6	1 $\frac{1}{2}$	
14	10	15 $\frac{3}{4}$	"	"	18,9	6	1 $\frac{1}{2}$	
15	8	12 $\frac{3}{4}$	"	"	19,1	6	1 $\frac{1}{2}$	
16	6	10	"	"	20	6	1 $\frac{1}{2}$	
17	4	5 $\frac{1}{2}$	"	"	17,6	6	2	
18	5	7 $\frac{1}{2}$	blauer Mergel	Schneck. u. Löffel	18	8	1 $\frac{1}{2}$	
19	10	12	"	"	14,4	6	2 $\frac{1}{2}$	
20	14	20 $\frac{1}{2}$	"	Löffel	17,3	6	2	
21	1	2 $\frac{1}{4}$	"	"	27	8	1 $\frac{1}{2}$	
22	6	11 $\frac{1}{2}$	"	"	23,5	7	1 $\frac{1}{2}$	
23	7 $\frac{1}{2}$	12 $\frac{1}{4}$	"	"	19,6	6	2	
24	3	4	"	Schneck. Löffel	16	7	1 $\frac{1}{2}$	
25	6 $\frac{1}{2}$	10	"	"	19,2	9	1 $\frac{1}{2}$	
26	2	1 $\frac{1}{2}$	"	Meissel Löffel	9	8	2	
27	4	5	"	"	15	10	1 $\frac{1}{2}$	
28	3	3	"	"	12	10	1 $\frac{1}{2}$	
29	6 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{1}{2}$	harter Schiefer	Schneck. Löffel	14,4	9	2	
30	10	9	"	"	10,8	9	2 $\frac{1}{2}$	
31	5	6 $\frac{3}{4}$	"	"	16,2	10	1 $\frac{1}{2}$	
32	8	3 $\frac{3}{4}$	"	"	15	10	2	
33	6	7	"	"	14	10	2	
34	3	2 $\frac{1}{2}$	"	"	9	8	2 $\frac{1}{2}$	

Das Bohrloch wird durch ein Kohlenfeld überdeckt und die Arbeiten verlassen.

Es wurden in 370 Tagen 479 $\frac{1}{2}$ Fuss abgebohrt, also durchschnittlich in 1 Tage = 24 Stunden sehr nahe 1 $\frac{1}{2}$ Fuss, welches Resultat gegen das aus Tabelle I. entnommene nicht als ungünstig betrachtet werden kann. Wenn aber gerechnet wird, dass, wie die Tabelle ergibt, von 240 Tagen in denen 294 Fuss gebohrt wurden, 32 Tage zu Nebenarbeiten benutzt wurden, so stellt sich die tägliche Durchschnittsleistung auf 1,41 Fuss.

Wenn nun auch bei diesem zweiten Bohrversuche die Gebirge in etwas günstiger für die Arbeiten gewesen sind, so ist doch ein grosser Vortheil dem Kabel, welches hier verwendet wurde, beizulegen, denn es ist die Zeit für das Aus-

ziehen und Einlassen des Gestänges bei geringeren Arbeitskräften stets eine kürzere als bei den ersten Bohrversuchen, und möchten diese Arten von Kabeln bei richtiger Handhabung wohl als die besten bezeichnet werden können, welche bei Drehbohrversuchen zur Anwendung gebracht werden können.

Auszug aus den Betriebstabellen des Bohrversuches Nr. 3,

anfangend bei 17 Lachter = 113 $\frac{1}{3}$ Fuss, welche Tiefe in 30 Tagen abgebohrt wurde. Das Aufschlagen der Bohrhütte nahm 5 Tage in Anspruch und wurden 4 Lachter durch Drehen gebohrt.

Numer d. Beobachtung.	Zeit von einer Beobachtung zur anderen in Tagen.	Tiefe des Bohrloches bei jeder Beobachtung in Fuss.	Art des Gebirges.	Zahl der Schläge in einer Minute.	In 24 Stunden gebohrt Zoll.	Anzahl der beschäftigten Arbeiter.	Zeit zum Ausziehen und Einlassen des Gestänges Stunden.	Zeit zum Löffeln. Stand.	Bemerkungen.
1	—	113 $\frac{1}{3}$	Mergel	—	—	7	—	—	
2	8	26 $\frac{1}{2}$	"	—	39 $\frac{1}{2}$	7	—	—	
3	3	9 $\frac{1}{2}$	"	—	39 $\frac{1}{2}$	7	—	—	
4	4	12	"	—	36	7	—	—	
5	6	16 $\frac{1}{2}$	"	—	32 $\frac{1}{2}$	7	—	—	
6	10	30	"	—	36	7	—	—	
7	3	8	"	—	32	7	—	—	
8	5	12 $\frac{1}{2}$	"	—	30	7	—	—	
9	9	25 $\frac{1}{2}$	"	—	34 $\frac{1}{2}$	7	1	—	
10	6	17 $\frac{1}{2}$	"	—	32 $\frac{1}{2}$	7	1	—	
11	8	21 $\frac{1}{2}$	"	—	32	7	—	—	
12	7	17 $\frac{1}{2}$	"	—	30 $\frac{1}{2}$	7	1	—	
13	4	10 $\frac{1}{2}$	grauer Mergel	—	32	8	—	—	
14	6	15 $\frac{1}{2}$	"	—	30 $\frac{1}{2}$	8	—	—	
15	5 $\frac{1}{2}$	15	"	—	34	8	—	—	
16	11	25 $\frac{1}{2}$	"	—	28	8	1	—	
17	10 $\frac{1}{2}$	24 $\frac{1}{2}$	blauer Mergel	—	27	8	1	—	
18	7	17 $\frac{1}{2}$	"	—	29 $\frac{1}{2}$	8	1	—	
19	6 $\frac{1}{2}$	16 $\frac{1}{2}$	"	—	29 $\frac{1}{2}$	8	1 $\frac{1}{2}$	—	
20	8	18	"	—	27	8	1 $\frac{1}{2}$	—	
21	5	9 $\frac{1}{2}$	"	—	23 $\frac{1}{2}$	8	1 $\frac{1}{2}$	—	
22	10	20 $\frac{1}{2}$	"	—	24 $\frac{1}{2}$	8	1 $\frac{1}{2}$	—	
23	13	22 $\frac{1}{2}$	"	—	20 $\frac{1}{2}$	9	1	—	
24	1	1 $\frac{1}{2}$	"	—	23	9	1	—	
25	7	12 $\frac{1}{2}$	"	—	21 $\frac{1}{2}$	9	1	—	
26	4	6 $\frac{1}{2}$	"	—	19	9	1 $\frac{1}{2}$	—	
27	5	7 $\frac{1}{2}$	Schiefer	—	17 $\frac{1}{2}$	9	1 $\frac{1}{2}$	—	
28	7	9 $\frac{1}{2}$	"	—	16	9	1 $\frac{1}{2}$	—	
29	3	4 $\frac{1}{2}$	"	—	16 $\frac{1}{2}$	9	1 $\frac{1}{2}$	—	
30	6	9 $\frac{1}{2}$	"	—	18 $\frac{1}{2}$	9	1 $\frac{1}{2}$	—	
31	10	13 $\frac{1}{2}$	"	—	16 $\frac{1}{2}$	9	1 $\frac{1}{2}$	—	
32	8	12 $\frac{1}{2}$	"	—	19	9	1 $\frac{1}{2}$	—	
33	4	5 $\frac{1}{2}$	"	—	17 $\frac{1}{2}$	9	1 $\frac{1}{2}$	—	
34	7	8 $\frac{1}{2}$	"	—	15	9	1 $\frac{1}{2}$	—	
35	3	3 $\frac{1}{2}$	Kohle w. d. durchb.	—	12 $\frac{1}{2}$	9	1 $\frac{1}{2}$	—	

Das zu dem Bohren verwendete Fallstück hatte ein Gewicht von 980 Pfund und wurde nach Nr. 16 der Beobachtungen auf 900 Pfund vermindert.

Während des ganzen Betriebes trat keine Störung ein. Es wurden in 251 Tagen 581 Fuss gebohrt, also durchschnittlich in 24 Stunden nahe 2 $\frac{1}{2}$ Fuss = 28 Zoll.

Auszug aus den Betriebstabellen des Bohr-
loches Nr. 4,
anfangend bei Beginn der Arbeiten.

Numer d. Beobachtung.	Zeit von einer Beobachtung zur anderen in Tagen.	Tiefe des Bohrloches bei jeder Beobachtung in Füssen.	Zahl der Schläge in einer Minute.	In 24 Stunden wurden gebohrt Zolle.	Zahl der beschäftigten Arbeiter.	Zeit zum Ausziehen und Einlassen des Gestänges. Stunden.	Zeit zum Löfeln. Stunden.	Bemerkungen.
1	18	80	Löffel	53½	6	—	—	Arbeit mit Drehbohrer, 4½ Lachter tiefe Erde, Lehm und Sand, dann grauer Mergel, welcher sehr weich ist.
2	14	40½		34½	6	1	—	
3	18	54		36	6	1	—	
4	16	44		33	5	1½	—	Grauer Mergel.
5	20	80½		30½	7	1	—	
6	10	26½		32½	6	1	—	
7	5	12½		30	7	1	—	
8	4	9½		28½	7	1	—	
9	6	14½		29½	6	1½	—	
10	10	25		30	6	1½	—	
11	14	31½		27	6	1½	—	
12	8	17½		26	6	1½	—	
13	12	28½		28½	6	1	—	
14	9	23½		31	7	1½	—	Blau und grün gemischter Mergel.
15	10	27½		33½	7	1½	—	
16	16	41		30½	6	1½	—	
17	20	48½		29½	6	1½	—	
18	10	22½		27	6	1½	—	
19	15	35½		28½	7	1½	—	
20	4	9½		27½	7	1	—	
21	7	14		24	6	1½	—	
22	12	23½		23½	6	1	—	
23	3	6½		25	6	2	—	
24	1	1		22½	6	2	—	Schiefer mit Nieren gemischt
25	4	8		24	8	1½	—	
26	6	11½		23½	8	1½	—	
27	3	5½		20½	8	1½	—	
28	2	2		17½	8	1½	—	
29	5	5½		14	7	2	—	
30	7	6½		10½	7	2½	—	
						1½	—	
						1½	—	
						1½	—	Kohle.

Das verwendete Fallstück hatte von Anfang bis zum Ende ein Gewicht von 1050 Pfund.

Durch mehrere Brüche des Gestänges entstand allerdings Aufenthalt, betrug aber der grösste nur 1¾ Stunden und alle zusammengerechnet nicht ganz 1 Tag, weshalb dieselben vernachlässigt sind.

In 279 Tagen wurden 710 Fuss gebohrt, also pro 1 Tag = 24 Stunden 2,54 Fuss = 30½ Zoll.

Auszug aus den Betriebstabellen des Bohr-
loches Nr. 5,
anfangend bei Beginn der Arbeiten.

Numer d. Beobachtung.	Zeit von einer Beobachtung zur anderen in Tagen.	Tiefe des Bohrloches bei jeder Beobachtung in Füssen.	Zahl der Schläge in einer Minute.	In 24 Stunden wurden gebohrt Zolle.	Zahl der beschäftigten Arbeiter.	Zeit zum Ausziehen und Einlassen des Gestänges. Stunden.	Bemerkungen.
1	27	107	Löffel	47½	8	—	Arbeit mit Drehbohrer. 6 Lachter tief Erde und sandiger Lehm, darnach grauer Mergel.
2	8	24		36	8	1½	
3	10	28½		34½	8	1½	
4	14	44½		38	10	1½	Das Bohrloch ist mit 1050 Pfd. schwerem Fallstücke 3½ Zoll weit gebohrt. Das Gebirge besteht aus grauem Mergel. Bei der Zeit zum Aus- und Einlassen des Gestänges ist das Löfeln eingerechnet.
5	5	13½		32	8	1½	
6	8	20		30	8	1½	
7	3	8		33	8	1½	
8	10	31½		37½	9	1½	
9	12	35		35	9	1½	
10	8	20		30	9	2	
11	5	11½		27½	7	2½	
12	3	7		29	7	2½	
						2½	

Fortsetzung untenstehender Tabelle.

Numer d. Beobachtung.	Zeit von einer Beobachtung zur anderen in Tagen.	Tiefe des Bohrloches bei jeder Beobachtung in Füssen.	Zahl der Schläge in einer Minute.	In 24 Stunden wurden gebohrt Zolle.	Zahl der beschäftigten Arbeiter.	Zeit zum Ausziehen und Einlassen des Gestänges. Stunden.	Bemerkungen.
13	32	—	—	—	—	—	Das Bohrloch wird mittelst eines Löffelbohrers auf 6 ¼ Zoll erweitert.
14	3	33½	—	49½	10	—	
15	3	12	—	48	10	—	
16	5	18½	—	43½	10	1	Harter grauer und blauer Mergel.
17	7	23½	—	41	10	1½	
18	5	19½	—	47½	10	1	
19	6	23	—	46	10	1	
20	4	18½	—	44½	10	1	
21	3	28	—	42	9	1½	
22	3	10	—	40	9	1½	
23	3	11½	—	46	10	1½	
24	2	7½	—	45½	10	1½	
25	5	19½	—	47½	10	1½	
26	6	21½	—	43	10	1½	Schiefer. Am Ende werden Kohlen angebohrt.
27	3	10½	—	42½	10	1½	
28	4	18½	—	40	10	1½	
29	8	24½	—	36½	9	1½	
30	7	24½	—	42	10	1½	
31	3	10½	—	41½	10	1½	
32	2	6½	—	40½	10	1½	
33	1	8½	—	39½	10	1½	

Von Beobachtung Nr. 14 bis zu Ende der Versuche wurden häufige Unterbrechungen in dem Betriebe angeordnet, um den Zustand des Bohrloches mit einem Löffel zu untersuchen.

Ebenso nahmen 3 Gestängebrüche eine längere Zeit in Anspruch.

Das 1300 Pfund schwere hohle Fallstück hielt sich während der ganzen Dauer der Versuche gut und zeigt sich das Bohrloch bei den Versuchen mit dem Löffel sehr rein.

Ein Durchschnittsresultat ist bei diesen Versuchen nicht anzunehmen, stellt sich aber alles günstig für das hohle Fallstück.

Auszug aus der Betriebstabelle des Bohr-
loches Nr. 6,
anfangend bei Beginn der Arbeiten.

Numer d. Beobachtung.	Zeit von einer Beobachtung zur anderen in Tagen.	Tiefe des Bohrloches bei jeder Beobachtung in Füssen.	Zahl der Schläge in einer Minute.	In 24 Stunden wurden gebohrt Zolle.	Zahl der beschäftigten Arbeiter.	Zeit zum Ausziehen und Einlassen des Gestänges. Stunden.	Bemerkungen.
1	2	25	—	133½	6	—	Mittelst eines Löffelbohrers durch Erde und Lehm gebohrt ¼ Fuss Mergel.
2	3	15	—	62	6	—	
3	5	23½	—	68	6	—	
4	7	42	—	72	9	—	Grauer Mergel.
5	10	58½	—	70	9	—	
6	12	69½	—	69½	9	—	
7	3	16½	—	67	9	—	
8	6	34½	—	68½	9	—	
9	12	66	—	66	9	—	
10	14	75½	—	64½	9	—	
11	15	81½	—	65	9	—	
12	18	93½	—	62½	9	—	
13	7	—	—	—	—	—	Reparaturen am Fallstück.

Fortsetzung untenstehender Tabelle.

Numer d. Beobachtung.	Zeit von einer Beobachtung zur anderen in Tagen.	Tiefe des Bohrloches bei jeder Beobachtung in Fussen.	Zahl der Schläge in einer Minute.	In 24 Stunden wurden gebohrt Zolle.	Zahl der beschäftigten Arbeiter.	Zeit zum Ausziehen und Einlassen des Gestänges. Stunden.	Bemerkungen.
14	8	15	Durchschnittlich 30	60	9	1 $\frac{1}{2}$	Grauer Mergel.
15	9	43 $\frac{1}{2}$		58 $\frac{1}{2}$	9	1 $\frac{1}{2}$	
16	12	61		61	10	1 $\frac{1}{2}$	Grünlicher Mergel.
17	15	75 $\frac{1}{2}$		60 $\frac{1}{2}$	9	1 $\frac{1}{2}$	
18	22	106 $\frac{1}{2}$		58	10	1 $\frac{1}{2}$	
19	10	45		54	10	1 $\frac{1}{2}$	
20	7	31 $\frac{1}{2}$		53 $\frac{1}{2}$	10	1 $\frac{1}{2}$	Schiefer.
21	3	12 $\frac{1}{2}$		51 $\frac{1}{2}$	10	1 $\frac{1}{2}$	
22	2	8 $\frac{1}{2}$		50 $\frac{1}{2}$	10	1 $\frac{1}{2}$	
23	2	8		54	10	1 $\frac{1}{2}$	
24	5	17 $\frac{1}{2}$	Durchschnittlich 30	42 $\frac{1}{2}$	9	1 $\frac{1}{2}$	Fangarbeiten. Kohlen.
25	1	—		—	—	—	
26	1	4 $\frac{1}{2}$		48 $\frac{1}{2}$	10	1 $\frac{1}{2}$	Schiefer, Sandstein mit Kohlen in dünnen Lagen wechselnd.
27	6	21 $\frac{1}{2}$		42 $\frac{1}{2}$	10	1 $\frac{1}{2}$	
28	8	26 $\frac{1}{2}$		40	10	1 $\frac{1}{2}$	
29	12	38		38	10	1 $\frac{1}{2}$	
30	5	14 $\frac{1}{2}$		35	10	1 $\frac{1}{2}$	
31	3	9 $\frac{1}{2}$		39 $\frac{1}{2}$	10	1 $\frac{1}{2}$	
32	2	6 $\frac{1}{2}$		37 $\frac{1}{2}$	10	1 $\frac{1}{2}$	
33	6	19 $\frac{1}{2}$		38 $\frac{1}{2}$	11	1 $\frac{1}{2}$	

Das Gewicht des Fallstückes betrug 1450 Pfund und wurde nach Beobachtung Nr. 4 das Gewicht des Gestänges durch Balancier und Gegengewichte, soweit ausgeglichen, dass mittelst des Fallstückes ein Uebergewicht von 1600 Pfund erzielt wurde.

Die Arbeiter lösten sich einzeln alle 10 Minuten ab und wurde denselben alle Stunden eine Pause von 10 Minuten vergönnt.

Das Ausziehen des Gestänges und Reinigen des Fallstückes geschah alle Tage dreimal und zwar zu Anfang jeder Schicht.

Es wurden in 248 Tagen 1170 Fuss gebohrt, also pro 24 Stunden 4,71 Fuss = 56 $\frac{1}{4}$ Zoll.

Das Gestänge hatte durch das harte Niederfallen sehr gelitten, konnte desshalb nicht mehr benützt werden und wurde auch der ganze Apparat, welcher über der Erde in Thätigkeit gewesen war, nicht mehr angewendet.

Auszug aus der Betriebstabelle des Bohrloches Nr. 7.

anfangend bei 24 Lachter = 160 Fuss. Die zum Bohren dieser Tiefe erforderliche Zeit nebst dem Nachbohren auf 6 $\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser betrug 48 Tage.

Numer d. Beobachtung.	Zeit von einer Beobachtung zur anderen in Tagen.	Tiefe des Bohrloches bei jeder Beobachtung in Fussen.	Zahl der Schläge in einer Minute.	In 24 Stunden wurden gebohrt Zolle.	Zahl der beschäftigten Arbeiter.	Zeit zum Ausziehen und Einlassen des Gestänges. Stunden.	Bemerkungen.
1	9	29 $\frac{1}{2}$	Durchschnittlich 12	39	5	}	Grauer Mergel.
2	11	33 $\frac{1}{2}$		37	5		
3	8	21 $\frac{1}{2}$		32 $\frac{1}{2}$	6		
4	10	30 $\frac{1}{2}$		37	6		
5	14	44 $\frac{1}{2}$		38 $\frac{1}{2}$	6		
6	11	33 $\frac{1}{2}$		36 $\frac{1}{2}$	6		
7	6	18 $\frac{1}{2}$		37	5		
8	4	11 $\frac{1}{2}$		35 $\frac{1}{2}$	5		
9	3	8 $\frac{1}{2}$		34	6		
10	5	13 $\frac{1}{2}$		32 $\frac{1}{2}$	6		
11	7	18 $\frac{1}{2}$		32	6		
12	12	30		30	6		Grünlicher Mergel.
13	10	26 $\frac{1}{2}$		31 $\frac{1}{2}$	6		
14	9	22 $\frac{1}{2}$		30 $\frac{1}{2}$	6		
15	6	15 $\frac{1}{2}$		31	6		

Das Fallstück hatte bei diesem Bohrversuche ein Gewicht von 1400 Pfund, das Drahtseil, an welchem das Fallstück hing, wurde ausgeglichen.

Die Versuche wurden nicht fortgesetzt, weil das Bohrloch von einem Kohlenfelde überdeckt wurde.

Es wurden während der Beobachtungen 360 Fuss in 125 Tagen abgebohrt, also per 24 Stunden durchschnittlich 2,88 Fuss = 34 $\frac{1}{2}$ Zoll.

Der Apparat zum Drehen des Fallstückes hielt sich während des Arbeitens sehr gut und mussten nur zwei Federn durch neue ersetzt werden.

Um mit massivem Fallstück und Löffel an einem Drahtseil vorthellhaft arbeiten zu können, müssen zwei Kabel mit Seilen und zwei Vorrichtungen zum Drehen vorhanden sein, damit Löffel und Fallstück abwechselnd ohne Aufenthalt benutzt werden können.

Auszug aus der Betriebstabelle des Bohrloches Nr. 8,
anfangend bei Beginn der Arbeit.

Numer d. Beobachtung.	Zeit von einer Beobachtung zur anderen in Tagen.	Tiefe des Bohrloches bei jeder Beobachtung in Fussen.	Zahl der Schläge in einer Minute.	In 24 Stunden wurden gebohrt Zolle.	Zahl der beschäftigten Arbeiter.	Zeit zum Ausziehen und Einlassen des Gestänges. Stunden.	Bemerkungen.
1	2	16 $\frac{1}{2}$	Durchschnittlich 12	—	—	—	Mit Löffel durch Erde und Lehm.
2	10	34 $\frac{1}{2}$		47 $\frac{1}{2}$	7	—	
3	12	42		42	7	—	Grauer Mergel.
4	3	10		40	7	—	
5	6	18 $\frac{1}{2}$		37	7	—	Das Drahtseil ist gebrochen.
6	14	—		—	—	—	
7	8	22		35 $\frac{1}{2}$	7	—	Grauer Mergel.
8	12	36		36	7	—	
9	15	42 $\frac{1}{2}$		34	7	—	
10	3	8 $\frac{1}{2}$		33 $\frac{1}{2}$	7	—	
11	10	25		30	7	—	
12	6	14 $\frac{1}{2}$		29	7	—	Grünlicher Mergel. Das Drahtseil bricht, das Bohrloch wird überdeckt und werden keine Fangarbeiten unternommen.
13	4	10 $\frac{1}{2}$		32 $\frac{1}{2}$	7	—	
14	3	7 $\frac{1}{2}$		30 $\frac{1}{2}$	7	—	
15	2	4 $\frac{1}{2}$		28	7	—	
16	1	2 $\frac{1}{2}$		25	7	—	

Das Gewicht des Fallstückes betrug 1650 Pfund.

Das Drahtseil war ausgeglichen.

Das Bohrloch wurde bei einer Tiefe von 295 Fuss überdeckt, als gerade Fangarbeiten angefangen werden sollten. Diese wurden unterlassen, weil die zu rettenden in der Erde liegenden Theile den muthmasslichen Werth der Fangkosten nicht ausgleichen konnten.

Der Apparat zum Drehen hielt sich gut während der Dauer der Versuche.

Es wurden in 97 Tagen 395 Fuss gebohrt, also in 1 Tage = 24 Stunden circa 3 Fuss = 36 Zoll.

Zu Anfang jeder Schicht wurde das Fallstück ausgezogen und gereinigt.

Auszug aus der Betriebstabelle des Bohr-
loches Nr. 9,
anfangend bei Beginn der Arbeiten.

Numer d. Beobachtung	Zeit von einer Beobachtung zur anderen in Tagen.	Tiefe des Bohrloches bei jeder Beobachtung in Fuss.	Zahl der Schläge in einer Minute.	In 24 Stunden wurden gebohrt Zolle.	Zahl der beschäftigten Arbeiter.	Zeit zum Ausziehen und Einlassen des Gestänges. Stunden.	Bemerkungen
1	5	32	Durchschnittlich 43	77	6	—	Löffelbohrer durch Erde, Lehm und 10 Fuss im Mergel.
2	6	36		72	3	—	Grauer Mergel.
3	5	31 $\frac{1}{2}$		75	3	—	
4	8	47 $\frac{1}{2}$		71 $\frac{1}{2}$	3	—	
5	7	40 $\frac{1}{2}$		70	3	—	
6	10	60 $\frac{1}{2}$		73	3	—	
7	4	23 $\frac{1}{2}$		69 $\frac{1}{2}$	3	—	
8	3	16 $\frac{1}{2}$		64 $\frac{1}{2}$	3	—	
9	8	45 $\frac{1}{2}$		68	3	—	
10	5	27 $\frac{1}{2}$		66 $\frac{1}{2}$	3	—	
11	6	32		64	3	—	
12	8	42		63	3	—	
13	9	45 $\frac{1}{2}$		60 $\frac{1}{2}$	3	—	
14	10	50		60	3	—	
15	1	4 $\frac{1}{2}$		59 $\frac{1}{2}$	3	—	
16	3	14 $\frac{1}{2}$		57	3	—	
17	5	25		60	3	—	
18	4	19 $\frac{1}{2}$		58	3	—	Grüner Mergel und Schiefer.
19	3	14		56	3	—	
20	2	9 $\frac{1}{2}$		55 $\frac{1}{2}$	3	—	
21	1	4 $\frac{1}{2}$		58	3	—	Kohle. Schiefer.
22	4	18		54	3	—	

Das Fallstück dieses Bohrloches betrug 1600 Pfund.

Das Gewicht des Drahtseiles war ausgeglichen, um einen möglichst gleichförmigen Gang für die Maschine zu erzielen.

Der Apparat, durch welchen das Drehen des Fallstückes bewerkstelligt wurde, hielt sich auch bei diesem Versuche, trotz der Geschwindigkeit, mit welcher geschlagen wurde, sehr gut.

Das Ausziehen des Fallstückes, sowie das Reinigen desselben geschah pro 24 Stunden 1- bis 2mal, je nach Bedürfniss, meistens jedoch nur 1mal.

Es wurden in 117 Tagen 640 Fuss abgebohrt, also pro 1 Tag = 24 Stunden, 5,47 Fuss = 65 $\frac{1}{2}$ Zoll.

Durch Vergleichung dieser Tabellen kommt man leicht zu folgenden Schlüssen:

1. Die Arbeit mit Drehbohrern, dieselbe mag noch so zweckmässig geleitet sein und die Vorkehrungen noch so gut, ist nur bei sehr geringen Tiefen und äusserst weichen Gebirgen mit Vortheil anzuwenden.

2. Von den Schlagbohr-Verfahren verdient unbedingt ein hohles Fallstück mit Drahtseil den Vorzug, gleich, auf welche Weise die Bewegung erfolgt.

3. Bei richtigem Gewichte des Fallstückes und dem für dieses Gewicht und das Gebirge passenden Hube ist es vortheilhaft, so viel Schläge als möglich zu machen und deshalb die Bewegung mittelst Drahtseiles die vortheilhafteste, weil bei hinreichender Kraft die Zahl der Hübe beliebig sein kann, während dieselbe bei Gestängen durch das Drehen eines Arbeiters bedingt wird und eine grössere Hubzahl als 30 bis 35 nicht zu erzielen ist.

4. Die Betriebskosten anlangend, sind dieselben für Betrieb mit Dampfkraft, wo die Kosten des Brennmaterials nicht

zu gross sind, am geringsten und deshalb Dampfmaschinen zu Bohrversuchen zu empfehlen

Die in diesem Aufsätze angegebenen Maasse sind sämtlich rheinländisch und ist:

1 Fuss rheinländisch = 0,99286 Fuss österreichisch.

1 Lachter " = 6 $\frac{1}{2}$ Fuss rheinländisch.

1 " " = 80 Zoll " "

1 " " = 6,622 Fuss österreichisch.

Die Gewichte sind Zollgewichte, 1 Pfund = $\frac{1}{2}$ Kilogramm.

Hemmung der Eisenbahnzüge durch Absperren der Dampfabströmung an den Locomotiven.

Herr Constructeur J. Zeh hat an den Locomotiven der Westbahn (Kaiserin Elisabeth Bahn) in den Dampfabströmungsröhren nächst den Cylindern einfache Drosselklappen angebracht, welche vom Führerplateau aus leicht geschlossen und geöffnet werden können.

Dieser Klappen bedienen sich die Locomotiven-Führer mit besonderem Vortheile bei dem Herablassen schwerer Züge über die auf der Westbahn vorkommenden und ununterbrochenen meilenlangen Gefälle von 1 : 100, indem sie durch Schliessen der Klappen bei geringer Dampfgabe und möglichst hoher Expansion (doch aber Vorwärtsstellung der Steuerung) ohne Anwendung irgend einer Bremse weder an den Wagen noch am Tender, bis zu 6000 Ctr. schwere Züge mit Sicherheit in einer entsprechenden Geschwindigkeit erhalten, sogar bis zum Stillstehen bringen können.

Diese Drosselklappen sind, je nachdem es die Maschinenconstruction fordert, verschiedenartig, aber am besten wirksam nächst dem Cylinder anzubringen, und sollen nicht vollkommen dicht schliessen; würde aber die Undichtheit dieser Klappen unnöthig gross sein, so würde natürlich der Effect der Drosselklappe geringer, hingegen der Dampf- oder Brennstoffverbrauch ein unnöthig grosser sein.

Fordert die Zunahme des Gefälles das man befährt, oder das grössere Gewicht des Zuges, eine Vermehrung in der Hemmung der Geschwindigkeit, so hat man die Klappe geschlossen, den Steuerungshebel ruhig stehen zu lassen und nichts anderes zu thun, als mehr Dampf durch die Regulatorstellung zu geben.

Wie eine neu eingeführte Einrichtung selten unangefindet bleibt, und gerne bei Gelegenheit solcher Einführungen andere Gebrechen, wenn es möglich ist, solchen Neuerungen zugeschrieben werden, so hörte man auch bei Beurtheilung dieser Klappen das Lockern der Kolben etc. etc. nennen; es hat sich aber durch den allgemeinen Gebrauch dieser Drosselklappen die Gewissheit herausgestellt, dass gut befestigte Kolben bei Anwendung dieser Klappen nicht gelitten, sondern sich dieselben oder deren Ringe glätter erhalten haben; weil durch die Dampfgabe bei dem Abwärtsfahren die Ringe, so zu sagen, Nahrung erhalten, nicht aber den Kohlenstaub etc. aufsaugen, wie diess bei dem Reversiren der Fall ist, hingegen sich im Verlaufe mehrerer Monate mit Gewissheit sagen liess, dass die bestandene Lockerung der Kolben ihren Grund

in zu schmalen Keilen und den messingenen Kolbenköpfen hatte, da solche Kolben an Maschinen, bei welchen diese Drosselklappen nicht angewendet worden waren, ebenfalls locker geworden, hingegen bis gegenwärtig die in dieser Richtung verbesserten Kolben trotz Anwendung dieser in Rede stehenden Klappen fest bleiben.

Nachdem sich auf der Westbahn die Drosselklappen durch langen und allgemeinen Gebrauch beim Einfahren schwerer Züge in die Stationen, besonders aber bei der Regulirung der Geschwindigkeit solcher Züge auf starken Gefällen bewährt haben, hatte ich kürzlich Gelegenheit, dieselbe Einrichtung bei einer Semmering-Locomotive zu erproben; es wurde nämlich von der Station Semmering bis Payerbach und Gloggnitz ein Zug mit 2055 Brutto Ctr. ohne jeden Anstand mit einer normalen Geschwindigkeit gefördert und es war dabei auf den lange anhaltenden Gefällen 1:40 bei der gewesenen trockenen Witterung nicht nöthig, eine Wagen- oder Tenderbremse anzuziehen.

Die Wichtigkeit, welche in der möglichst geringen Anwendung der Bremsen mit Rücksicht auf das Springen der Gussräder, Lockern und stellenweises Abflachen der Tyres, Abnützung der Bremsenhölzer, mangelhaftes Reguliren der Geschwindigkeit der Züge, und Gebrechen an den Wagen durch die Bremsungen überhaupt etc. etc. liegt, darf hier nicht erst erörtert werden, ich glaube vielmehr, dass es von höchstem Interesse für Eisenbahnverwaltungen sein muss, diese Einrichtung der Zugsbremsung durch derartige Absperrung des Dampfes in den Ausströmungsröhren zu würdigen und den Mehrverbrauch an Brennstoff zu prüfen, ob er grösser ist als die Nachtheile der Räderbremsungen, welche natürlich auf jeder Bahn durch die gebotenen Localverhältnisse verschieden einwirken.

Die Anbringungsweise solcher Absperrklappen ist ebenso wenig kostspielig, als für den Fall, als der Brennstoffmehrverbrauch sich unter gewissen Verhältnissen zu gross herausstellen sollte, die Ausserdienststellung derselben keine Reconstruction bedingt.

Wien, am 30. Juli 1860.

Fischer v. Röslerstamm.

Eisenbahnen über die Alpen.

Nach E. Flach.

(Fortsetzung.)

Steigungen. Um diese und die starken Curven, welche bei einer Alpenbahn nöthig werden, zu überwinden, sind nicht neue Erfindungen, sondern nur die Ausdehnung längst gemachter und bewährter Erfindungen mit den nöthigen Modificationen nothwendig.

Bekanntlich wird das Gewicht der Züge, welche man auf starken Steigungen befördern kann, begrenzt durch die Adhäsion der Locomotiven, und es nimmt daher jenes Gewicht bei der Zunahme der Steigungen sehr rasch ab. Die Adhäsion einer Locomotive wird durchschnittlich gleich $\frac{1}{4}$ der auf den Triebrädern ruhenden Last angenommen. Man

hat bis jetzt das Gewicht der Maschinen entweder theilweise durch eine oder zwei Triebachsen, oder ganz mittelst drei Triebachsen für die Adhäsion benutzt. In neuerer Zeit hat man auch noch das Gewicht des Tenderwassers und theilweise den Tender selbst zu Hilfe genommen, indem man eine oder zwei Achsen des Tenders mit den Achsen der Locomotive zusammenkuppelte. Es handelt sich nun darum, noch einen Schritt weiter zu thun und auch das Gewicht der Personen- und Güterwagen für die Adhäsion zu benutzen, was man bisher nicht versucht hat, weil es nicht nöthig war, um Züge von 80 bis 95 Tonnen auf Steigungen von höchstens 30 bis 35 pro mille zu ziehen.

Man denke sich einen Wagenzug, dessen sämtliche Wagen von beweglichen, sogenannten amerikanischen Untergestellen getragen werden, wie bei den schweizerischen Personenwagen; jedes dieser Untergestelle mit kleinen Cylindern versehen, welche den Dampf von einem an der Spitze des Zuges befindlichen Kessel erhalten, auf bekannte Weise die beiden Achsen des Gestelles treiben, und die nöthigen Dimensionen haben, um auf das Untergestell eine Zugkraft gleich $\frac{1}{4}$ von der auf den beiden Achsen ruhenden Last auszuüben. Bei dieser Einrichtung wird es keine andere Grenze für das Gewicht eines Zuges geben, als die Dampfmenge, welche der Kessel zu produziren vermag.

Allerdings wird diese Einrichtung zu einem sehr theuern Betriebsmaterial führen, und man hat wohl daran gethan, bis jetzt mit einfachern und wohlfeilern Einrichtungen sich zu behelfen; die vorliegende Aufgabe ist aber eine neue und verlangt daher mit Nothwendigkeit veränderte Einrichtungen, und das rationellste System ist nun offenbar, das Gewicht des Wagenzuges zur Adhäsion zu benutzen, weil man auf diese Weise die stärksten Steigungen, welche vorkommen können, überwinden kann.

Wie oben bemerkt wurde, kann man bis zur Höhe von 1000 Meter über dem Meere mittelst Steigungen von 25 bis 35 pro mille gelangen, indem die natürliche Steigung der Alpentäler bis zu dieser Höhe dies erlaubt. Anders verhält es sich von 1000 bis 2000 Meter (Höhe des Bergpasses), um diesen Höhenunterschied von 1000 Meter zu ersteigen, braucht man folgende Längen:

bei 25 pro mille Steigung 40 Kilometer

30	"	"	"	33	"
35	"	"	"	28	"
40	"	"	"	25	"
45	"	"	"	22	"
50	"	"	"	20	"

Die Täler und Bergabhänge, auf welche man in dieser Höhe trifft, bieten aber bei weitem nicht diese Länge dar und man muss daher die nöthige Länge entweder durch Schlangenlinien (lacets) oder durch kreisförmige Windungen zu erhalten suchen. Letztere würden entweder in den Seitenthälern sich entwickeln, oder sie müssten abwechselnd als kreisförmige Tunnel in den Berg eindringen und tangentiell an dessen Oberfläche wieder zu Tage treten; man erhielte in letzterem Falle, statt eines sehr langen Tunnels, eine Reihe über einander liegender kreisförmiger Tunnels, jeden von

1000 bis 1500 Meter Länge (bei einem Durchmesser der Kreise von 300 bis 500 Meter), welche zusammen eine Schraubenlinie bilden würden, deren Achse die Neigung des Bergabhanges hätte. Man würde sich auf diese Weise so hoch erheben, bis man ganz oben durch den Berg nur noch einen Tunnel von gewöhnlicher Länge erhielte. Dieses Auskunfts-mittel würde weit schneller zum Ziele führen, als ein einziger langer Tunnel, indem man alle diese kleinen Tunnels gleichzeitig in Angriff nehmen könnte; es wäre aber ein sehr theueres System und würde eine sehr lange unterirdische Fahrt zur Folge haben. Das Publicum hat bekanntlich einen instinctmässigen Abscheu vor solchen langen unterirdischen Fahrten, und die Technik muss dieses Gefühl wo möglich respectiren und andere Lösungen suchen. Man muss also so viel wie möglich über der Erde bleiben; man muss, um die kürzeste Bahn zu erhalten, bis zum Maximum der Steigung gehen, und zwar erscheint die Ueberwindung einer Steigung von 50 pro mille durchaus nicht unmöglich.

Diese Steigung würde für jede Tonne des Zuggewichtes eine Zugkraft von 58 Kilogramm (50 Kilogramm zur Ueberwindung der Steigung, 8 für die übrigen Widerstände), oder unter besonders ungünstigen Umständen 64 Kilogramm erfordern. Die achträdigen Personenwagen werden, die beweglichen Untergestelle eingerechnet, leer ungefähr 16 Tonnen und belastet 19 bis 20 Tonnen wiegen; die Güterwagen, ebenfalls achträdig, 30 bis 32 Tonnen mit der Ladung. Man erhält also für jedes Rad eine Belastung von 2 bis 4 Tonnen und eine auf den Radumfang auszuübende Zugkraft von 116 bis 232 Kilogramm; die Adhäsion eines Rades, zu $\frac{1}{4}$ der Belastung gerechnet, beträgt aber im vorliegenden Falle 333 bis 666 Kilogramm, die erforderliche Zugkraft erreicht also nicht einmal die Hälfte der disponibeln Adhäsion und nur den siebzehnten Theil der auf den Rädern ruhenden Last.

Die vierrädigen Untergestelle, mit der oben angedeuteten Einrichtung, würden jedes eine kleine Locomotive ohne Kessel sein. Die nähere Anordnung des Kessels und der Wagen würde die folgende sein:

Der Kessel, auf zwei Untergestellen ruhend wie der Wagen, wird ein Gewicht von höchstens 40 Tonnen erhalten, oder 5 Tonnen per Rad. Hievon sind 10 bis 12 Tonnen für die beiden Gestelle mit ihrem Mechanismus zu rechnen, so dass für den eigentlichen Kessel 28 bis 30 Tonnen bleiben. Man wird bei diesem Gewicht nöthigenfalls eine Heizfläche bis zu 500 Quadratmeter erreichen können. Der Kessel wird für eine effective Dampfspannung von $6\frac{1}{2}$ Atmosphären construirt und führt den Cylindern den Dampf mit 5 Atmosphären Spannung zu. Natürlich wird die Grösse des Kessels nach der Anzahl und dem Gewichte der Wagen sich richten, aus denen ein Zug bestehen soll. Die Untergestelle des Kessels erhalten Cylinder, gerade hinreichend, um den Kessel selbst auf der Steigung von 50 pro mille zu ziehen, und werden die Cylinder der Wagengestelle berechnet sein, um eine Zugkraft höchstens gleich $\frac{1}{4}$ vom Gewichte des Untergestelles sammt Belastung auszuüben.

Die beweglichen Gestelle erhalten, wie dies weiter unten

bei Besprechung der Curven wird auseinandergesetzt werden, unabhängige Räder, d. h. die beiden Räder einer Achse können sich unabhängig von einander drehen; die Cylinder müssen daher aussenliegend sein. Die Räder werden aus Schmiedeeisen und voll (Scheibenräder) angefertigt, die Bandagen aus Stahl; der Durchmesser der Räder wird zu 1 Meter, die Entfernung der beiden Achsen zu 1,10 Meter angenommen. Da die Belastung der Räder verhältnissmässig gering ist, so wird auch die Abnutzung der Bandagen und der Schienen weit geringer sein, als bei Locomotiven. Die Cylinder werden aus Schmiedeeisen, die Kolbenstangen und Kurbelstangen aus Stahl angefertigt. Die Anwendung des Gusseisens soll bei den Untergestellen gänzlich vermieden werden.

Die Röhrenleitung, welche den Dampf vom Kessel den verschiedenen Cylindern zuführt, muss natürlich die nöthige Biegsamkeit besitzen, wie der Wagenzug selbst; sie wird aus zwei concentrischen schmiedeeisernen Röhren bestehen, von denen die innere den Dampf den Cylindern zuführt, die äussere denselben zum Kessel, resp. zum Blasrohr zurückführt. Diese Röhre wird je zwischen zwei Untergestellen eines Wagens fest und unter den Drehzapfen dieser Wagen befestigt sein; zur Verbindung mit den Cylindern wird, da diese der drehenden Bewegung der Untergestelle folgen, ein ähnliches Gelenk angewandt werden, wie bei den Maschinen mit oscillirenden Cylindern. Zwischen je zwei Wagen werden die innere und äussere Röhre in Form einer halbkreisförmigen Gabel auseinandergehen und jede für sich mit der betreffenden Röhre des nächsten Wagens verbunden werden, und zwar mittelst eines biegsamen Zwischenstückes aus vulkanisirtem Kautschuk, welches den Röhren erlaubt, den Bewegungen der beiden Wagen zu folgen. Die Dampfrohre wird mit einer Hülle von Filz umgeben und ausserdem in einen dünnen Blechkasten eingeschlossen, sowohl um im Winter den Wärmeverlust möglichst zu verhindern, als um im Sommer die für die Reisenden unangenehme Wärmeausstrahlung zu vermeiden; auf ähnliche Weise werden alle Theile des Mechanismus, denen die Kälte schaden kann, geschützt werden.

Jeder Wagen wird durch zwei Maschinisten bedient werden, welche den Mechanismus zu beaufsichtigen, die Zuleitung des Dampfes zu reguliren, die Schmieren und Bremsen etc. zu besorgen haben.

Die Vortheile, welche man durch Benutzung des ganzen Zuggewichtes für die Adhäsion erreicht, sind einleuchtend. Bei den gewöhnlichen Locomotiven gibt man in der Regel den Cylindern solche Dimensionen, dass sie eine Zugkraft gleich $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{5}$ der auf den Triebrädern ruhenden Last, also grösser als die Adhäsion durchschnittlich ist, ausüben können; man hat daher, sobald die Adhäsion durch atmosphärische Einflüsse etwas vermindert ist, Ueberfluss an Zugkraft, welche man nicht benutzen kann, weil die Räder gleiten. Bei dem neuen System dagegen wird man die Grenze der Adhäsion nie erreichen; man wird also, ohne Rücksicht auf die Verminderung der Reibung durch Feuchtigkeit oder andere Einflüsse, immer das Gewicht ziehen können, welches der Dampferzeugung des Kessels angemessen ist.

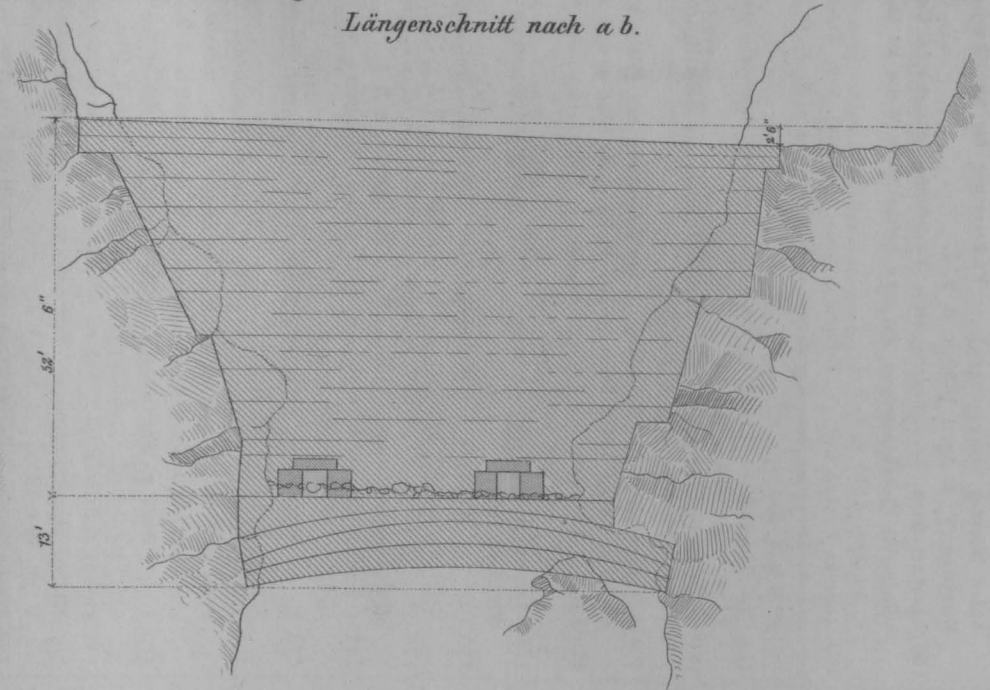
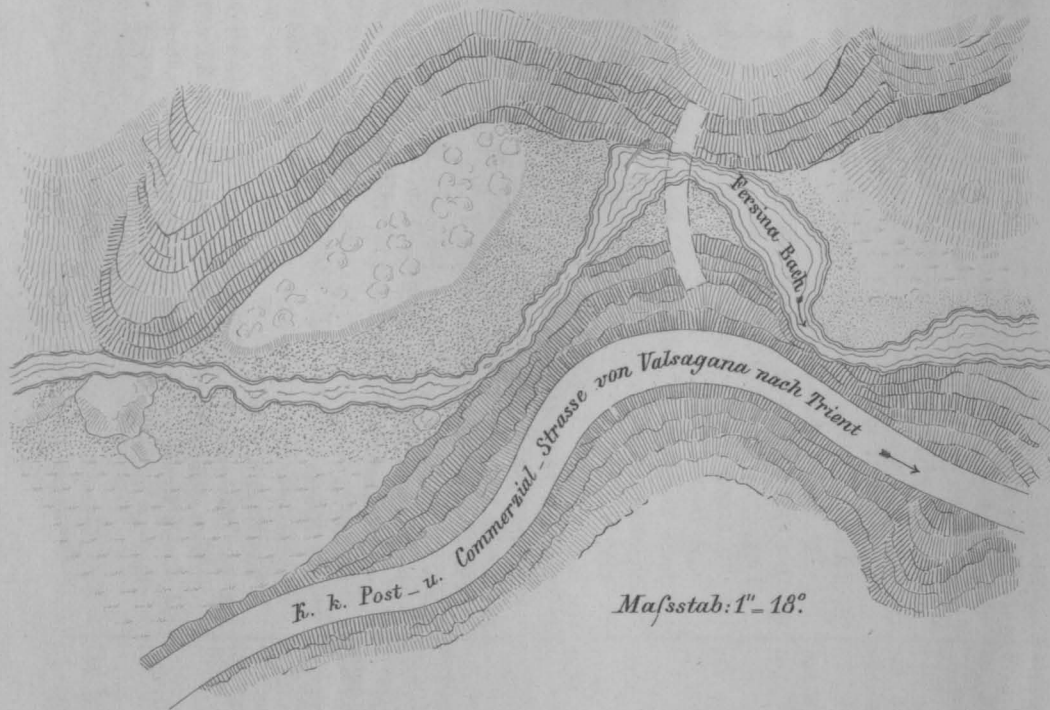
(Schluss folgt.)

Thalsperre im Fersina Wildbache bei Cantan hel.

N  16.

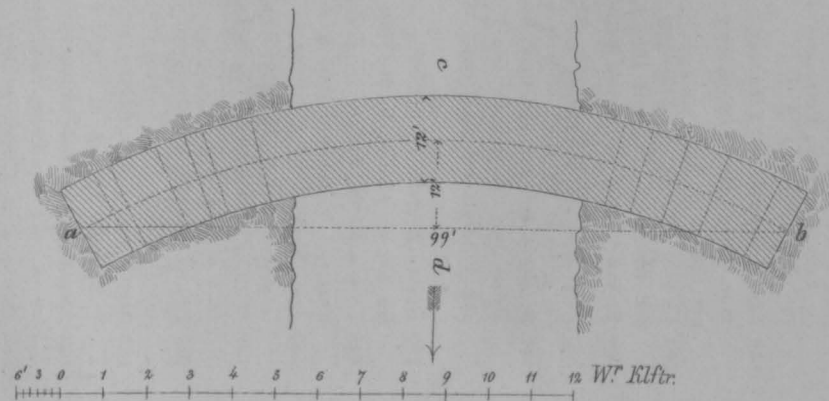
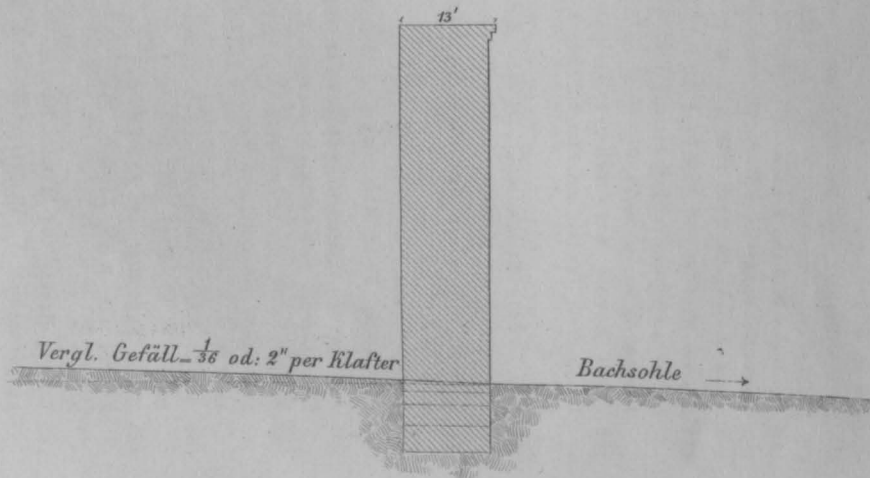
Situation der Cantan hel-Schlucht.

L ngenschnitt nach a b.

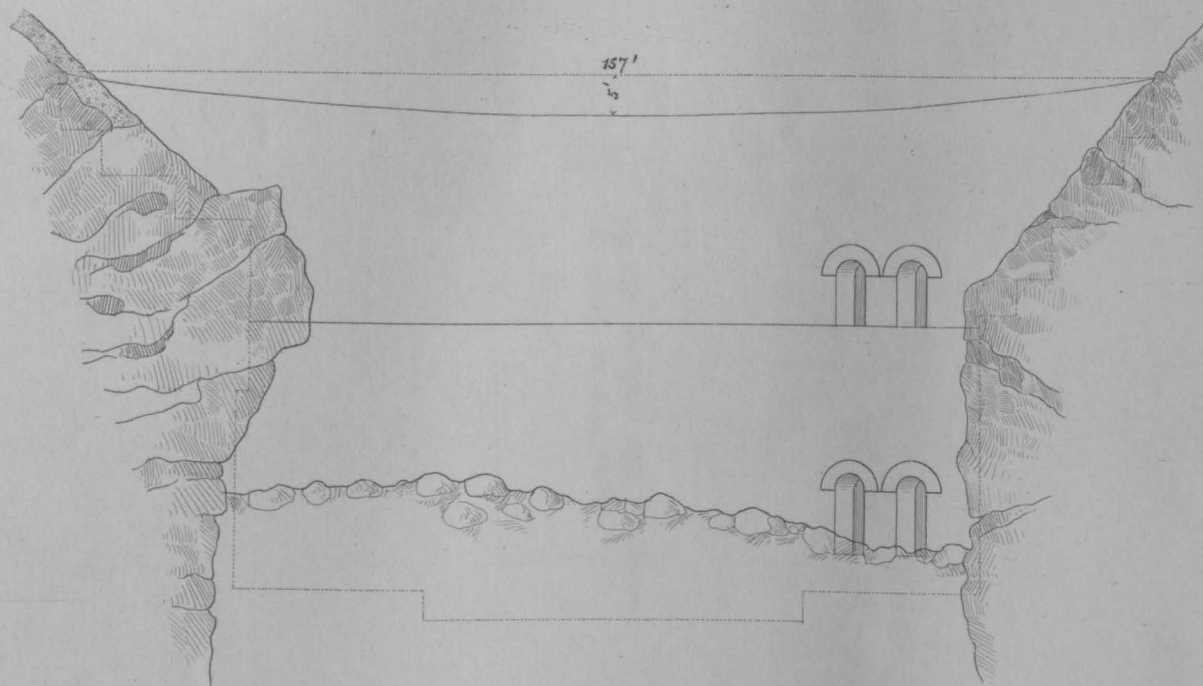


Querschnitt nach c d.

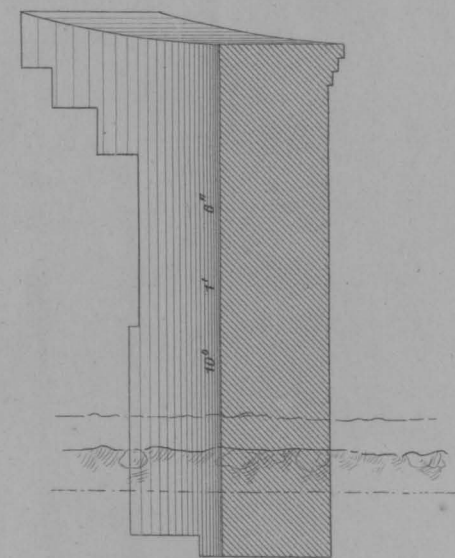
Grundriss.



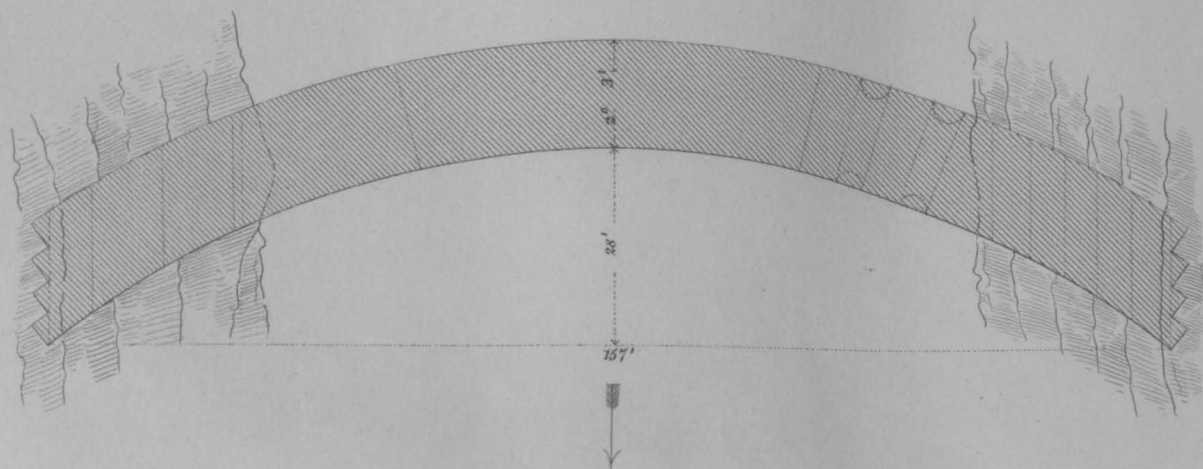
Aufriss.



Querschnitt.



Grundriss.



6' 3 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 W. R. L. n

Erdböhr - Vorrichtungen.

Fig. 6.
1/32 d.n. Gr.

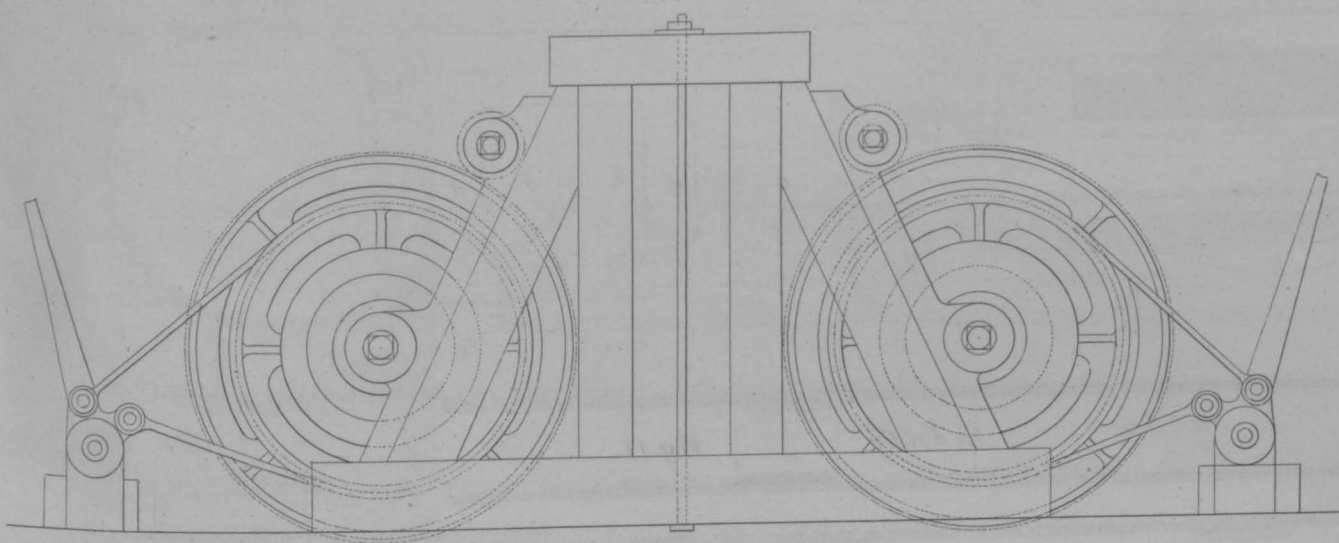
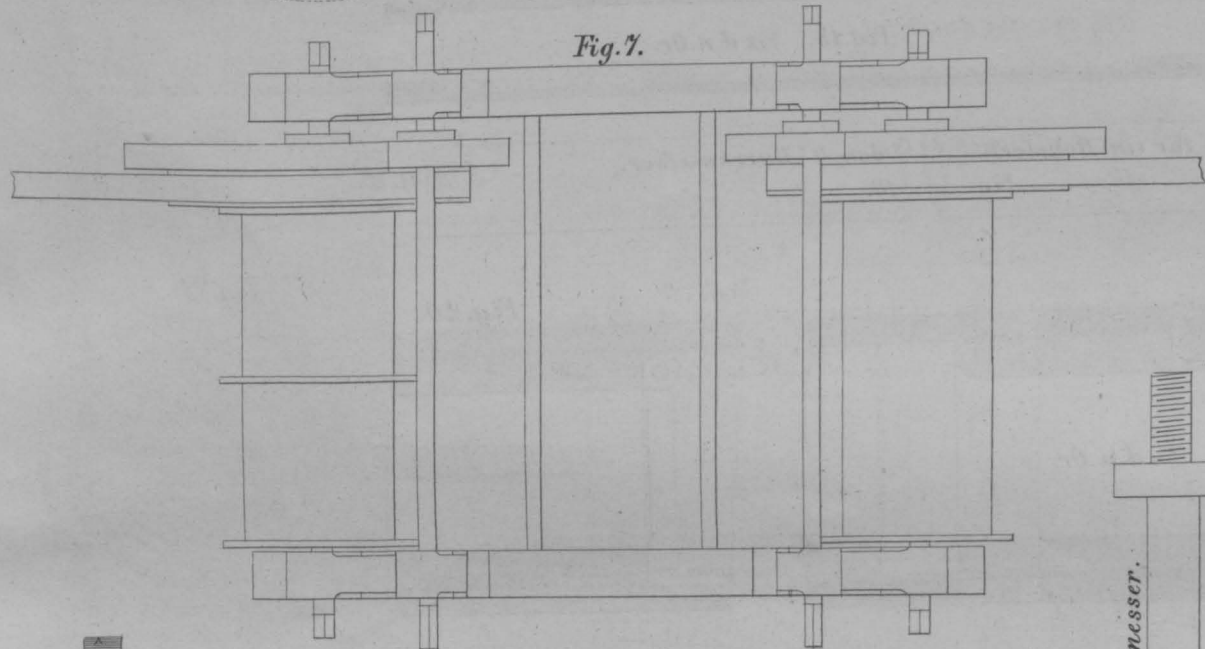


Fig. 7.



Räderwerk des Kabels.

Fig. 5.

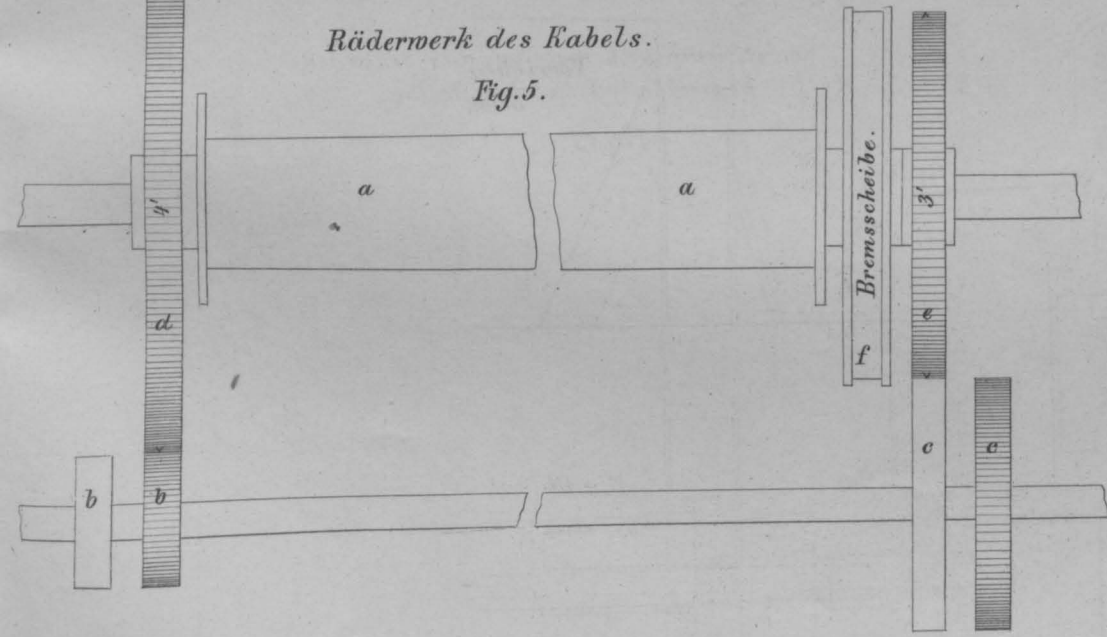


Fig. 4.

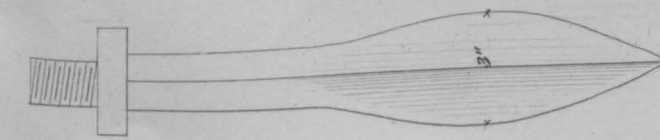


Fig. 15. 1/4 d.n. Gr.

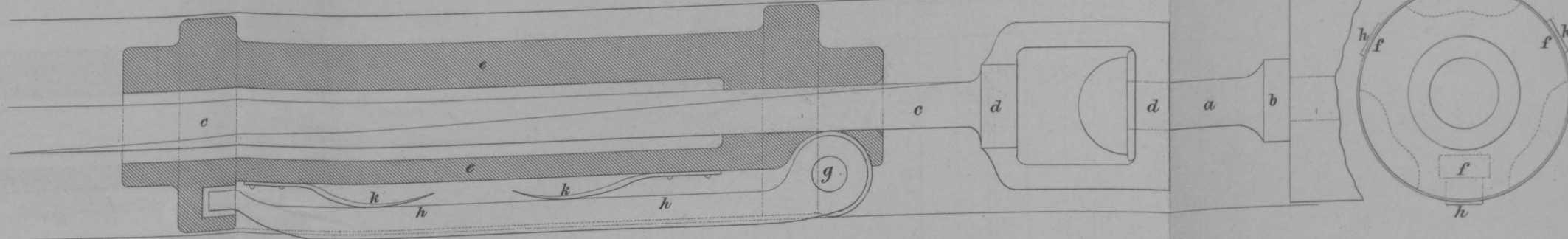
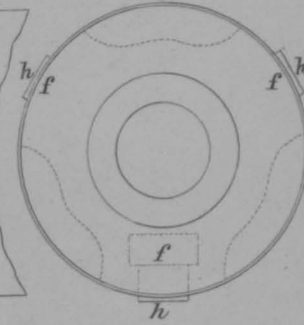


Fig. 16.



1/2 d.n. Gr.

Fig. 17.

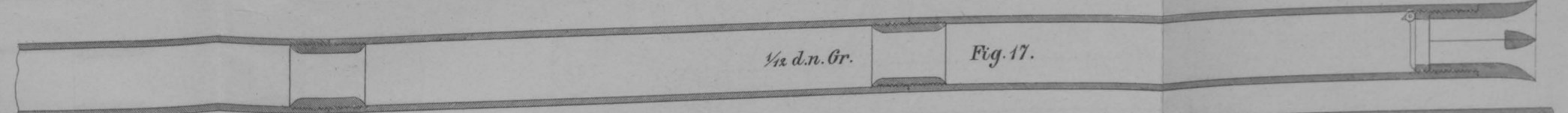
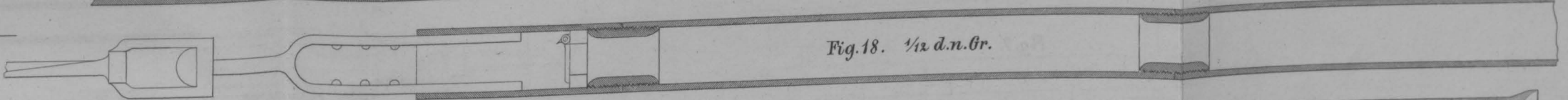


Fig. 18. 1/2 d.n. Gr.



Bohröffel für ein Bohrloch
Fig. 10.

von 4" Durchmesser.

Fig. 11.

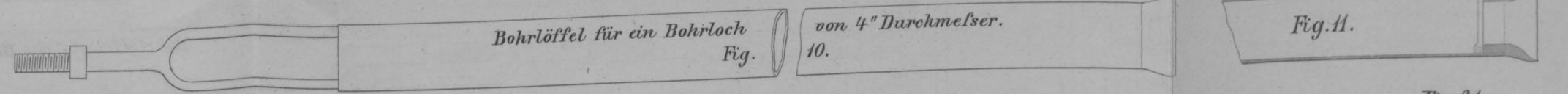


Fig. 19.

1/4 d.n. Gr.

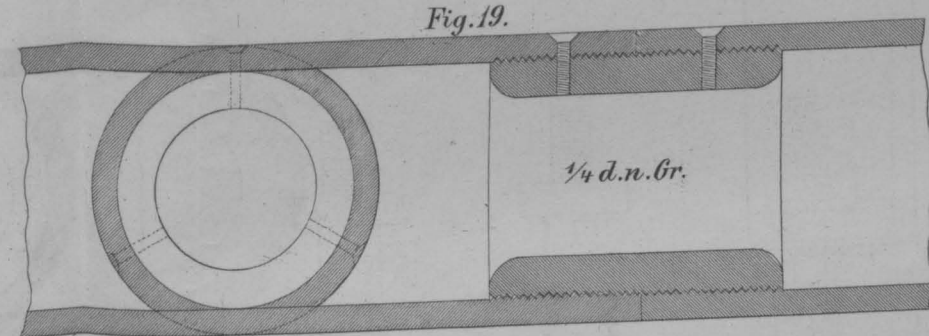


Fig. 20.

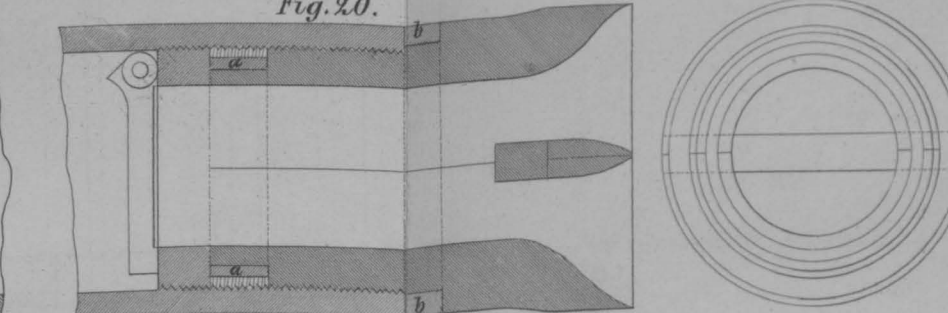
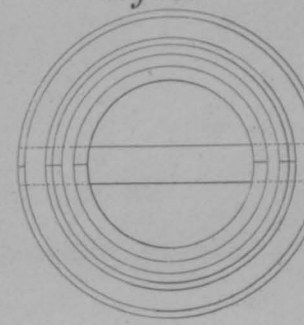


Fig. 21.



Vorrichtung mit welcher das Schlagen
bewirkt wird. 1/2 d.n. Grölse.

Fig. 13.

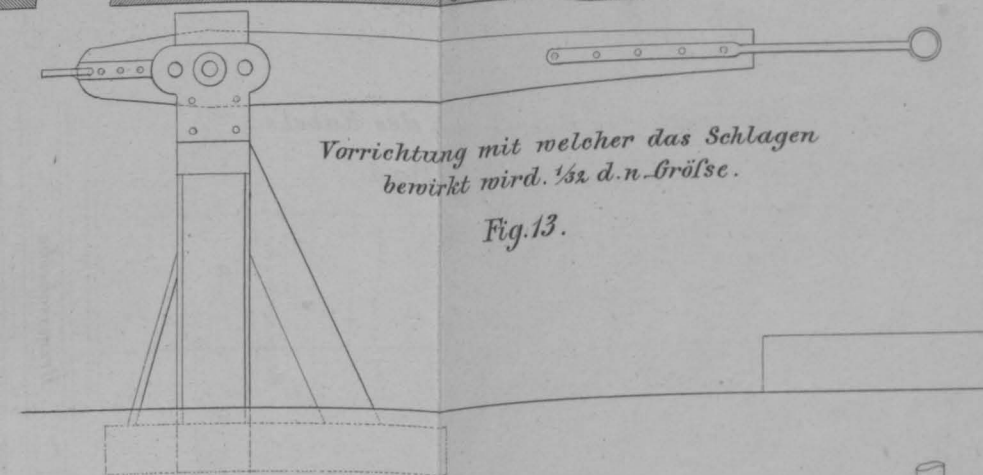


Fig. 12.

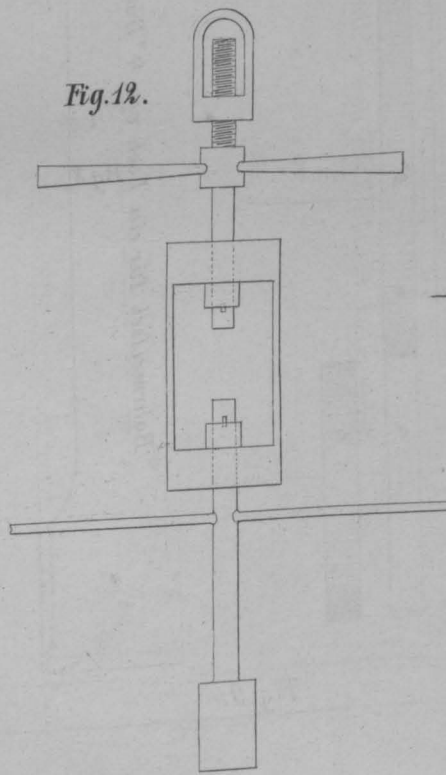


Fig. 1.



Fig. 3.

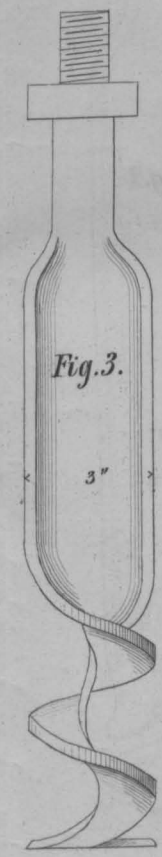
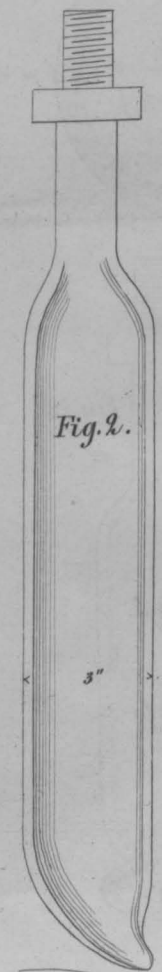


Fig. 2.



Bohrmeißel für ein Loch von 4" Durchmesser.

Fig. 8.

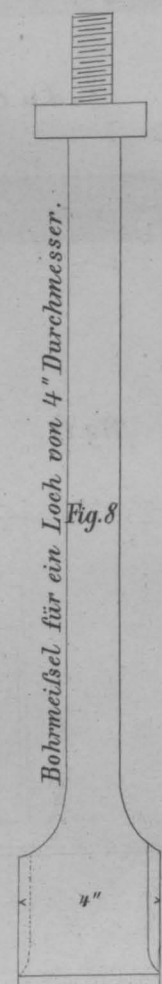
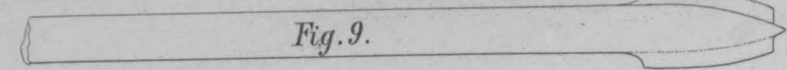


Fig. 9.



Brasscheibe.

